

**РУП «НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЦЕНТР НАЦИОНАЛЬНОЙ
АКАДЕМИИ НАУК БЕЛАРУСИ ПО КАРТОФЕЛЕВОДСТВУ
И ПЛОДООВОЩЕВОДСТВУ»**



КАРТОФЕЛЕВОДСТВО И ОВОЩЕВОДСТВО

Сборник научных трудов

Том 1

Минск 2023

УДК 635.1/8+635/21(082)

Картофелеводство и овощеводство: сб. науч. тр. / РУП «Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству» ; редкол.: В. Л. Маханько (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2023. – Т. 1. – 309 с. – ISBN 978-985-7297-17-7.

Издание основано в 2023 г.

Редакционная коллегия:

- главный редактор – В. Л. Маханько,**
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;
заместитель главного редактора – Г. И. Пискун,
доктор сельскохозяйственных наук, доцент;
ответственный секретарь – Е. А. Мацулевич;
С. И. Гриб, доктор сельскохозяйственных наук, профессор,
академик НАН Беларуси;
В. А. Козлов, доктор сельскохозяйственных наук, доцент;
О. Ю. Урбанович, доктор биологических наук, доцент;
В. И. Торчик, доктор биологических наук, доцент;
В. В. Азаренко, доктор технических наук, доцент,
член-корреспондент НАН Беларуси;
З. В. Ловкис, доктор технических наук, профессор,
академик НАН Беларуси;
И. А. Родькина, кандидат биологических наук, доцент;
Н. В. Русецкий, кандидат биологических наук, доцент;
Е. В. Радкович, кандидат биологических наук, доцент;
О. В. Соловей, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;
Л. А. Мишин, кандидат биологических наук;
И. И. Бусько, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;
Д. Д. Фицура, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;
А. В. Чашинский, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;
О. Б. Незаконова, кандидат сельскохозяйственных наук;
Л. Н. Козлова, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;
Е. С. Досина-Дубешко, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;
А. И. Чайковский, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;
В. В. Опимах, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

ISBN 978-985-7297-17-7

© Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству», 2023
© Оформление. Республиканское научное унитарное предприятие «Институт системных исследований в АПК Национальной академии наук Беларуси», 2023

**RUE «SCIENTIFIC AND PRACTICAL CENTER
OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF BELARUS
FOR POTATO, FRUIT AND VEGETABLE GROWING»**



POTATO AND VEGETABLE GROWING

Proceedings

Volume 1

Minsk 2023

Potato and vegetable growing: proceedings / RUE «Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Potato, Fruit and Vegetable Growing» ; ed.: V. L. Makhanko [et al.]. – Minsk, 2023. – V. 1. – 309 p. – ISBN 978-985-7297-17-7.

Founded in 2023

Editorial board:

editor-in-chief – **V. L. Makhanko**, PhD in Agricultural Sciences,
associate professor;

deputy editor-in-chief – **G. I. Piskun**, Doctor of Agricultural Sciences,
associate professor;

responsible secretary – **E. A. Matsulevich**;

S. I. Grib, Doctor of Agricultural Sciences, professor, Academician
of the NAS of Belarus;

V. A. Kozlov, Doctor of Agricultural Sciences, associate professor;

O. Yu. Urbanovich, Doctor of Biological Sciences, associate professor;

V. I. Torchik, Doctor of Biological Sciences, associate professor;

V. V. Azarenko, Doctor of Engineering Sciences, associate professor,
Corresponding Member of the NAS of Belarus;

Z. V. Lovkis, Doctor of Engineering Sciences, professor,
Academician of the NAS of Belarus;

I. A. Rodkina, PhD in Biological Sciences, associate professor;

N. V. Rusetskiy, PhD in Biological Sciences, associate professor;

E. V. Radkovich, PhD in Biological Sciences, associate professor;

O. V. Solovey, PhD in Agricultural Sciences, associate professor;

L. A. Mishyn, PhD in Biological Sciences;

I. I. Busko, PhD in Agricultural Sciences, associate professor;

D. D. Fitsuro, PhD in Agricultural Sciences, associate professor;

A. V. Chashinskiy, PhD in Agricultural Sciences, associate professor;

O. B. Nezakonova, PhD in Agricultural Sciences;

L. N. Kozlova, PhD in Agricultural Sciences, associate professor;

E. S. Dosina-Dubeshko, PhD in Agricultural Sciences, associate professor;

A. I. Chaykovskiy, PhD in Agricultural Sciences, associate professor;

V. V. Opimah, PhD in Agricultural Sciences, associate professor

ISBN 978-985-7297-17-7 © Republican Unitary Enterprise «Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Potato, Fruit and Vegetable Growing», 2023

© Issuance. Republican Scientific Unitary Enterprise
«The Institute of System Researches in Agro-Industrial Complex
of the National Academy of Sciences of Belarus», 2023

СОДЕРЖАНИЕ

Раздел 1. Селекция и семеноводство картофеля и овощных культур

Козлов В. А., Башко Д. В., Медведева Е. И. Подбор родительских форм картофеля по содержанию крахмала с применением ПЦР-анализа	11
Козлова Л. Н., Незаконова О. Б. Питательная ценность новых сортов картофеля белорусской селекции	19
Конапацкая М. В., Волчкевич И. Г., Васюхневич М. В. Изменение инвазионной нагрузки <i>Globodera rostochiensis</i> (Woll. 1923) Behrens для оценки селекционного материала картофеля на глободероустойчивость ..	24
Корецкий В. В., Купреенко Н. П. Селекция чеснока озимого (<i>Allium sativum</i> L.) на устойчивость к фузариозу	30
Купреенко Н. П., Корецкий В. В. Результаты селекционной работы с яровой формой чеснока в условиях Беларуси	36
Медведева Е. И., Козлов В. А. Оценка комбинационной способности родительских форм картофеля по содержанию крахмала	43
Мишин Л. А. Создание исходного материала томата и гибридов F ₁ с плодами сливовидной формы для Беларуси	49
Опимах В. В., Урбан Э. П. Влияние агроприемов возделывания дайкона на урожайность, сохранность маточных корнеплодов и посевные качества семян	57
Опимах В. В., Урбан Э. П., Азизбекян С. Г. Влияние пленкообразующих компонентов и комплекса микроэлементов Наноплант при инкрустации семян на урожайность моркови столовой	68
Опимах В. В., Урбан Э. П., Азизбекян С. Г. Влияние пленкообразующих компонентов и комплекса микроэлементов Наноплант при инкрустации семян на урожайность свеклы столовой	75
Пашкевич А. М., Рупасова Ж. А., Чайковский А. И., Досина-Дубешко Е. С. Формирование листового аппарата в культуре микрозелени гороха овощного в зависимости от спектрального состава светодиодного освещения	82
Радкович Е. В., Соловей О. В., Анципович В. В., Анципович Н. А., Гунько Ю. В. Комплексная оценка семенного материала и отбор здоровых клонов в селекции и семеноводстве картофеля	95
Рупасова Ж. А., Задаля В. С., Шпитальная Т. В., Белый П. Н., Радковец А. С., Долбик М. А. Влияние источников искусственного освещения на состояние фонда фотосинтезирующих пигментов ассимилирующих и генеративных органов растений томата	101
Русецкий Н. В., Козлов В. А., Чашинский А. В., Семанюк Т. В. Искусственное инфицирование сеянцев картофеля первого года вирусами SBK и MBK и отбор устойчивых образцов	110
Хлебородов А. Я., Гапоненко И. В., Провоторова О. С. Селекция корнишонно-партенокарпических инцухт-линий огурца для репродукции гибридов F ₁ в Республике Беларусь	119
Чашинский А. В., Козлов В. А., Русецкий Н. В. Выделение среди гибридов иностранной селекции источников хозяйственно ценных признаков	127

Раздел 2. Технология производства, хранения и переработки картофеля и овощей

<i>Гасило Д. С., Фицура Д. Д., Сердюков В. А.</i> Влияние доз комплексного азотно-фосфорно-калийного удобрения марки 7-20-30 на урожайность, биометрические и биохимические показатели сортов картофеля при локальном способе его внесения	134
<i>Козловская И. П., Винокурова-Лабунская Ю. В.</i> Экологические приемы повышения урожайности томата в открытом грунте	146
<i>Купреенко Н. П.</i> Фузариоз чеснока озимого: распространенность и вредоносность в условиях Беларуси	151
<i>Назаров В. Н., Манцевич Л. А., Каминский А. М.</i> Оценка селекционного материала картофеля на устойчивость к ризоктониозу	158
<i>Никонович Т. В., Трофимов Ю. В.</i> Влияние освещения разного спектрального состава на содержание фотосинтезирующих пигментов в ассимилирующих органах листового салата (<i>Lactuca sativa</i> L.)	163
<i>Почтовая Н. Л., Камедько Т. Н.</i> Эффективность биологического фунгицида Оргамика С против мучнистой росы на растениях огурца в защищенном грунте	171
<i>Сердюков В. А., Маханько В. Л.</i> Влияние ширины междурядий, условий и способов хранения клубней семенного картофеля на биометрические показатели растений и урожайность	176
<i>Сердюков В. А., Маханько В. Л.</i> Экономическая эффективность производства продовольственного картофеля в условиях центральной зоны Беларуси	187
<i>Сердюков В. А., Маханько В. Л., Фицура Д. Д.</i> Влияние ширины междурядий, условий и способов хранения клубней картофеля на урожайность и показатели экономической эффективности при выращивании его на продовольственные цели	197
<i>Сердюков В. А., Фицура Д. Д., Гунько Ю. В., Пискун Г. И., Медведева Е. И., Гасило Д. С.</i> Продолжительность физиологического периода покоя клубней новых сортов картофеля белорусской селекции	205
<i>Сидоренко Т. Н., Тихонова Л. Г.</i> Результаты применения микроудобрений на картофеле в сооружениях защищенного грунта	213
<i>Сидорова С. Г.</i> Почвенные актиномицеты р. <i>Streptomyces</i> как возможные антагонисты возбудителя фузариозного вилта томата	220
<i>Смирнов А. А., Кабачевская Е. М., Бусько И. И., Волотовский И. Д.</i> Экспрессия генов ферментов метаболизма коричной кислоты и ее производных в листьях картофеля в условиях заражения фитофторозом ..	228
<i>Степура М. Ф., Михнюк А. В.</i> Влияние новых гуминовосодержащих удобрений на урожайность, товарность и биохимический состав томата и огурца в весенне-летних теплицах	238
<i>Степура М. Ф., Михнюк А. В.</i> Оценка сортов и гибридов томата и огурца по основным хозяйственно ценным признакам при выращивании в весенне-летних теплицах	244
<i>Степура М. Ф., Михнюк А. В.</i> Химический состав рассады томата, вынос и баланс элементов питания	252

Степуро М. Ф., Чайковский А. И., Досина-Дубешко Е. С., Матюк Т. В., Пась П. В. Влияние доз удобрений при капельном орошении на урожайность и качество зерна овощной фасоли	260
Фищуро Д. Д., Сердюков В. А., Тараканова В. Д., Гасило Д. С. Оценка устойчивости новых сортов картофеля к временному избыточному увлажнению почвы в период вегетации	268
Хох Н. А., Осовик М. О., Шкляр И. И. Продуктивность и качество сортов картофеля с цветной мякотью в почвенно-климатических условиях Гродненской области	276
Хох Н. А., Осовик М. О., Шкляр И. И. Сравнительная эффективность различных систем защиты среднеспелых сортов картофеля от фитофтороза ..	282
Чашинский А. В., Козлов В. А., Русецкий Н. В., Башко Д. В. Изучение распространенности фитоплазменных болезней в посадках картофеля Брестской области	286

Раздел 3. Общие вопросы

Босак В. Н., Сачивко Т. В. Применение сапонитсодержащих базальтовых туфов при возделывании базилика обыкновенного (<i>Ocimum basilicum</i> L.) на дерново-подзолистых почвах	294
Сачивко Т. В. Методика оценки хозяйственно полезных признаков герани крупнокорневищной	302

CONTENTS

Section 1. Selective breeding and seed production of potato and vegetable crops

Kozlov V. A., Bashko D. V., Medvedeva E. I. Selection of potato parental forms by starch content based on PCR analysis	11
Kozlova L. N., Nezakonova O. B. Nutritional value of new potato varieties of Belarusian selection	19
Konopatskaya M. V., Volchkevich I. G., Vasyuhnevich M. V. Changes of the invasive load of <i>Globodera rostochiensis</i> (Woll. 1923) Behrens for evaluation of potato breeding material to <i>Globodera</i> resistance	24
Koretskiy V. V., Kupreenko N. P. Breeding of winter garlic (<i>Allium sativum</i> L.) for resistance to <i>Fusarium</i>	30
Kupreenko N. P., Koretskiy V. V. Results of breeding work with spring garlic in Belarus conditions	36
Medvedeva E. I., Kozlov V. A. Assessment of the combining ability of parental potato forms by starch content	43
Mishyn L. A. Creation of the parent material of tomato and F ₁ hybrids with plum-shaped fruits for Belarus	49
Opimah V. V., Urban E. P. The influence of agricultural practices of daikon cultivation on yield, safety of mother roots and the sowing quality of seeds	57
Opimah V. V., Urban E. P., Azizbekyan S. G. The influence of film-forming components and the NANOPLANT microelements complex when incrusting seeds on the yield of garden carrot	68
Opimah V. V., Urban E. P., Azizbekyan S. G. The influence of film-forming components and the NANOPLANT microelements complex when incrusting seeds on the yield of red beet	75
Pashkevich A. M., Rupasova Zh. A., Chaykovskiy A. I., Dosina-Dubeshko E. S. Formation of the leaf apparatus of garden pea in the culture of microgreens depending on the spectral composition of LED lighting	82
Radkovich E. V., Solovey O. V., Antsipovich V. V., Antsipovich N. A., Gunko Yu. V. Complex evaluation of seed material and selection of healthy clones in potato breeding and seed production	95
Rupasova Zh. A., Zadalya V. S., Shpitalnaya T. V., Beliy P. N., Radkovets A. S., Dolbik M. A. The influence of artificial lighting on the state of the fund of photosynthetic pigments of assimilating and generative organs of tomato plants	101
Rusetskiy N. V., Kozlov V. A., Chashinskiy A. V., Semanyuk T. V. Artificial infection of 1st year potato seedlings with PVS and PVM viruses and selection of resistant samples	110
Hleborodov A. Ya., Gaponenko I. V., Provotorova O. S. Selection of gherkins-parthenocarpic close breeding lines of cucumber for reproduction of F ₁ hybrids in the Republic of Belarus	119
Chashinskiy A. V., Kozlov V. A., Rusetskiy N. V. Allocation among the hybrids of foreign selection the sources of economically valuable traits	127

Section 2. Potato and vegetables production, storage and processing technology

Gastilo D. S., Fitsuro D. D., Serdyukov V. A. The influence of complex nitrogen-phosphorus-potassium fertilizer grade 7-20-30 doses on yield, biometric and biochemical indicators of potato varieties with a local method of its application	134
Kozlovskaya I. P., Vinokurova-Labunskaya Yu. V. Ecological methods for increasing tomato yield in open ground	146
Kupreenko N. P. Fusarium of winter garlic: prevalence and harmfulness in Belarus conditions	151
Nazarov V. N., Mantsevich L. A., Kaminskiy A. M. Assessment of potato breeding material for resistance to <i>Rhizoctonia solani</i> Kuhn	158
Nikonovich T. V., Trofimov Yu. V. The influence of lighting of different spectral composition on the content of photosynthetic pigments in assimilating organs of leaf lettuce (<i>Lactuca sativa</i> L.)	163
Pochtovaya N. L., Kamedko T. N. Effectiveness of biological fungicide Organica S against powdery mildew on cucumber plants in protected ground	171
Serdyukov V. A., Makhanko V. L. The influence of planting width, conditions and methods of storing of seed potato tubers on biometric indicators of plants and yield	176
Serdyukov V. A., Makhanko V. L. Economic efficiency of production of ware potatoes in the conditions of the central zone of Belarus	187
Serdyukov V. A., Makhanko V. L., Fitsuro D. D. The influence of planting width, conditions and storage methods of potato on yield and economic efficiency indicators when growing it for food purpose	197
Serdyukov V. A., Fitsuro D. D., Gunko Yu. V., Piskun G. I., Medvedeva E. I., Gastilo D. S. Duration of the physiological dormant period of tubers of new potato varieties of Belarusian selection	205
Sidorenko T. N., Tihonova L. G. The results of the application of micro-fertilizers on potato in protected ground structures	213
Sidorova S. G. Soil actinomycetes <i>Streptomyces</i> as possible antagonists of the causative agent of Fusarium wilt of tomato	220
Smirnov A. A., Kabachevskaya E. M., Busko I. I., Volotovskiy I. D. Expression of genes for metabolic enzymes of cinnamic acid and its derivatives in potato leaves under conditions of late blight infection	228
Stepuro M. F., Mihnyuk A. V. The influence of new humic-containing fertilizers on yield, marketability and biochemical composition of tomato and cucumber in spring-summer greenhouses	238
Stepuro M. F., Mihnyuk A. V. Evaluation of tomato and cucumber varieties and hybrids according to the main economically valuable traits when growing in spring-summer greenhouses	244
Stepuro M. F., Mihnyuk A. V. Chemical composition of tomato seedlings, removal and balance of nutrient elements	252
Stepuro M. F., Chaykovskiy A. I., Dosina-Dubeshko E. S., Matyuk T. V., Pas P. V. The influence of fertilizer doses during drip irrigation on yield and quality of green bean grain	260

<i>Fitsuro D. D., Serdyukov V. A., Tarakanova V. D., Gastilo D. S.</i> Assessment of the resistance of new potato varieties to temporary excessive soil moisture during the growing period	268
<i>Khoh N. A., Osovik M. O., Shklyar I. I.</i> Productivity and quality of potato varieties with colored pulp in the soil and climatic conditions of the Grodno region	276
<i>Khoh N. A., Osovik M. O., Shklyar I. I.</i> Comparative effectiveness of various systems of protection of mid-ripening potato varieties from late blight	282
<i>Chashinskiy A. V., Kozlov V. A., Rusetskiy N. V., Bashko D. V.</i> Study of prevalence of phytoplasma diseases in potato plantings in the Brest region	286
 Section 3. General questions	
<i>Bosak V. N., Sachivko T. V.</i> Application of saponite-containing basaltic tuffs in the cultivation of <i>Ocimum basilicum</i> L. on sod-podzolic soils	294
<i>Sachivko T. V.</i> Methodology for assessing economically valuable signs of bigroot geranium	302

РАЗДЕЛ 1

СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР

УДК 635.21:631.527.8:577.21

В. А. Козлов, доктор сельскохозяйственных наук, доцент,
заведующий лабораторией генетики картофеля

Д. В. Башко, Е. И. Медведева, научные сотрудники

РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук
Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству»,
аг. Самохваловичи, Минский район

ПОДБОР РОДИТЕЛЬСКИХ ФОРМ КАРТОФЕЛЯ ПО СОДЕРЖАНИЮ КРАХМАЛА С ПРИМЕНЕНИЕМ ПЦР-АНАЛИЗА

РЕЗЮМЕ

Выполнены исследования по выявлению маркеров на гены устойчивости к раку картофеля, золотистой и бледной картофельным нематодам, а также маркеров для выявления локусов, отвечающих за синтез и накопление крахмала. Выделены образцы с комплексом маркеров, ассоциированных с изучаемыми признаками.

Ключевые слова: картофель; рак картофеля; золотистая и бледная картофельные нематоды; крахмал; маркеры; ПЦР-анализ.

ВВЕДЕНИЕ

Картофель является одной из наиболее распространенных сельскохозяйственных культур. Согласно опубликованным данным ФАО, включенным в отчет «Мировые рынки картофеля», в 2021 г. в мире было произведено рекордное количество картофеля – 376,1 млн т.

Площади, отведенные под картофель, увеличились на 7,4 % – до 18 млн га, что является самым высоким уровнем с 2013 г. Наибольший рост был зафиксирован в Азии, где площадь выросла на 15 % – до 10,3 млн га. В Европе площади сократились на 3,5 % – до 4,3 млн га. Урожайность из-за неблагоприятных условий снизилась во всех основных регионах возделывания картофеля, кроме Океании. Азия продолжала производить более половины мирового объема картофеля, при этом производство увеличилось на 15,3 % – до 197,5 млн т. Китай произвел 94,4 млн т, Индия – 54,2 млн т. Европа является вторым по производству картофеля регионом с объемом 102,5 млн т, что на 3,8 % меньше, чем в предыдущем году. За ней следует Африка – 28 млн т. В Беларуси в 2021 г. валовой сбор картофеля составил 3,4 млн т. Республика занимала 15 место в мире по производству картофеля и первое – по его потреблению на душу населения.

Картофель богат различными питательными веществами. В клубнях картофеля, помимо белка, минералов, микроэлементов, витаминов, содержатся и углеводы, основу которых составляет крахмал. Его используют для производства более 500 видов

продукции бумажной, текстильной, деревообрабатывающей, строительной, керамической, химической, фармацевтической и пищевой промышленности.

Содержание крахмала колеблется в зависимости от группы спелости от 9 до 17 %, а в технических сортах – от 15 до 25 %. Крахмал обладает очень полезными для человека свойствами. Сырой крахмал человеком почти не усваивается, но после варки его переваримость составляет около 90 %. При этом следует учитывать, что крахмал в желудочно-кишечном тракте человека постепенно расщепляется ферментами до глюкозы, и только последняя включается в метаболический цикл организма [1]. Однако крахмал картофеля не только важный источник энергии. В клубнях сырого картофеля содержится до 6 % непереваримого крахмала, который практически не переваривается в желудочно-кишечном тракте и поступает в толстый отдел кишечника. Согласно медицинским данным, такой крахмал очень ценный субстрат для микробиоты толстого отдела кишечника человека, поскольку является важным профилактическим средством против болезней толстой кишки, в том числе онкологических. Содержание его в вареном картофеле составляет 1–3 %. Благодаря своей структуре устойчивый крахмал не расщепляется амилазами, снижает концентрацию вторичных галловых кислот и в итоге, как и другие балластные вещества, подавляет канцерогенез [2].

Селекция картофеля на высокое содержание крахмала всегда была приоритетным направлением в Республике Беларусь. В последние десятилетия в связи с развитием маркер-ассоциированной селекции появилась возможность отбирать родительские формы не только по фенотипу, но и по генотипу, что значительно ускоряет и упрощает селекционный процесс. Целью наших исследований являлась оценка родительских форм на наличие маркеров устойчивости к раку картофеля, золотистой и бледной картофельным нематодам, а также на наличие локусов, отвечающих за синтез и накопление крахмала.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Материалом для исследований служили 13 сортов и 45 гибридов, отобранных по высокому содержанию крахмала.

Одним из основных доминантных генов иммунитета к обычному патотипу рака (1) картофеля является ген *Sen1*. Присутствие доминантной аллели данного гена может быть диагностировано с помощью SCAR-маркера NL25₁₄₀₀, созданного на основе сиквенса RFLP-фрагмента с таким же названием.

Генами, обеспечивающими эффективную защиту от цистообразующих нематод, являются *H1*, *Gro1-4* и *Gpa2*. Их определение осуществляли с использованием SCAR-маркеров N146₅₀₆, N195₃₃₇, 57R₄₅₀ для идентификации гена *H1* (*Globodera rostochiensis*), *Gro1-4*₆₀₂ – гена *Gro1-4* (*Globodera rostochiensis*) и STS-маркер *Gpa2-2*₄₅₂ для определения гена *Gpa2* (*Globodera pallida*).

Наличие генов устойчивости к раку картофеля и нематодам определяли следующим образом. При приготовлении реакционной смеси объемом 25 мкл использовали готовую смесь для ПЦР-анализа Quick-load Taq 2X Master Mix (ОДО «Праймтех», Республика Беларусь), соответствующие праймеры (прямой и обратный), матрицу ДНК и деионизированную воду в количестве, необходимом до конечного объема смеси. В состав Quick-load Taq 2X Master Mix входят все необходимые компоненты ПЦР: ДНК-полимераза, dNTPs, Mg²⁺ и реакционный буфер, а также красители для непосредственного нанесения реакционной смеси на гель при проведении электрофоретического анализа [3]. Протоколы амплификации и последовательность нуклеотидов в праймерах использовали согласно источникам, представленным в таблице 1.

РАЗДЕЛ 1. СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО
КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР

Таблица 1 – Характеристика маркеров генов устойчивости к золотистой и бледной картофельным нематодам, раку картофеля, использованных в работе

ПЦР	Маркер (тип/ген)	Нуклеотидная последовательность праймеров (5'→3')	Размер (пн)	Условия ПЦР
Мультиплексная ПЦР № 1	N146 (SCAR/ген <i>HI1</i>)	F: AAGCTCTTGGCCTAGTGTCTC R: AGCGGGAACATGCCATG	506	10 мин – 94 °С; далее 35 циклов: 30 с – 94 °С, 30 с – 60 °С, 1 мин – 72 °С и фин. элонг. 5 мин – 72 °С (Asano et al., 2012)
	N195 (SCAR/ген <i>HI1</i>)	F: TGGAAATGGCACCCCACTA R: CATCATGGTTTCACTTGTCSAC	337	
	Gra2-2 (STS/ген <i>Gra2</i>)	F: GCACCTTAGAGACTCAATCCCA R: ACAGATTGTTGGCAGCGAAA	290	
Мультиплексная ПЦР № 2	57R (SCAR/ген <i>HI1</i>)	F: TGCCCTGCCCTCTCCGATTTCT R: GGTTCAGCAAAAAGCAAGGACGTTG	450	10 мин – 95 °С; далее 30 циклов: 45 с – 95 °С, 45 с – 63 °С, 45 с – 72 °С и фин. элонг. 10 мин – 72 °С (Schulz et al., 2012)
	BCH (SCAR/ген <i>BCH</i>)	F: CATGACATAGTTTGAATTTTGAGTCS R: GCTTTGGCGCTGCCGTAAGTT	290	
Мультиплексная ПЦР № 3	Gro1-4 (SCAR/ген <i>Gro1-4</i>)	F: TCTTTGGAGATACTGATTTCTCA R: CGACCTAAAATGAAAAGCATCT	602	3 мин – 94 °С; далее 35 циклов: 45 с – 92 °С, 45 с – 58 °С, 1 мин – 72 °С и фин. элонг. 10 мин – 72 °С (Gebhardt et al., 2006)
	BCH (SCAR/ген <i>BCH</i>)	F: CATGACATAGTTTGAATTTTGAGTCS R: GCTTTGGCGCTGCCGTAAGTT	290	
	NL25 (SCAR/ген <i>Sen1</i>)	F: TATTGTTAAATCGTTACTCCCTCS R: AGAGTCGTTTACCAGACTCC	1 400	
Мультиплексная ПЦР № 4	BCH (SCAR/ген <i>BCH</i>)	F: CATGACATAGTTTGAATTTTGAGTCS R: GCTTTGGCGCTGCCGTAAGTT	290	3 мин – 94 °С; далее 35 циклов: 45 с – 92 °С, 45 с – 60 °С, 1 мин – 72 °С и фин. элонг. 10 мин – 72 °С (Asano et al., 2012)

**РАЗДЕЛ 1. СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО
КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР**

Для выявления наличия или отсутствия отдельных локусов, связанных с синтезом и накоплением крахмала, использовали маркеры StpL-3b, StpL-3e, Pain 18, Stp23-8b, AGPsS-9a. ДНК выделяли из клубней картофеля с помощью набора «Нуклеосорб» (ОДО «Праймтех», Республика Беларусь) согласно протоколу производителя. Количество и качество ДНК определяли на спектрофотометре с последующим разведением до конечной концентрации 50 нг/мкл. Полимеразную цепную реакцию проводили в объеме 15 мкл при следующем составе реакционной смеси: 1X буфер для Tornado Taq-полимеразы, 0,2 мМ каждого из dNTP, 0,2 мкМ каждого из праймеров, 100 нг ДНК и 0,6 U Tornado Taq-полимеразы (ОДО «Праймтех», Республика Беларусь). В работе использовали олигонуклеотиды, приведенные в [4–6]. Полимеразную цепную реакцию проводили при следующих температурных условиях: 1 цикл: 95 °С – 15 мин; 30 циклов: с 99 °С – 3 с, T_{отж} – 20 с, 72 °С – 30 с; 1 цикл: 72 °С – 2 мин. Электрофорез ПЦР-продуктов проводили в агарозном геле 1 %-й концентрации в трис-боратном буфере (2 мМ ЭДТА, 89 мМ борной кислоты, 89 мМ Трис, рН 8,3 при напряжении 3 В/см. В агарозный гель перед полимеризацией добавляли бромистый этидий в концентрации 0,5 мкг/мл.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В начале исследований все родительские формы были изучены на наличие генов устойчивости к карантинным объектам – раку картофеля, золотистой и бледной картофельным нематодам.

Наличие гена *Sen1* устойчивости к раку картофеля подтверждено SCAR-маркером NL25 у всех изученных образцов (кроме гибридов 14-07-7 и 52-10-10). Четыре маркера устойчивости к золотистой картофельной нематоды выявлены у сорта Крок, три – у 24 образцов, два – у 6 образцов. У 27 образцов не выявлено ни одного маркера (табл. 2).

Таблица 2 – Характеристика родительских форм картофеля на наличие генов устойчивости к раку, золотистой и бледной картофельным нематодам

Сорт, гибрид	Рак картофеля	Золотистая картофельная нематода				Бледная картофельная нематода
	Маркеры					
	NL25	N146	N195	57R	Gro1-4	Gpa2-2
Крок	+	+	+	+	+	–
Альбатрос	+	+	+	+	–	+
Куба	+	+	+	+	–	+
Кураж	+	+	+	+	–	–
Лад	+	+	+	+	–	–
Максимум	+	+	+	+	–	–
Олександрит	+	+	+	+	–	–
Тукан	+	+	+	+	–	–
01501-6	+	+	+	+	–	–
12/69-6	+	+	+	+	–	–
14-07-4	+	+	+	+	–	–
50-16-10	+	+	+	+	–	–
52-10-21	+	+	+	+	–	–
61-16-5	+	+	+	+	–	+
52-10-10	–	+	+	+	–	–
56-16-25	+	+	+	+	–	+

**РАЗДЕЛ 1. СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО
КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР**

Окончание таблицы 2

Сорт, гибрид	Рак картофеля	Золотистая картофельная нематода				Бледная картофельная нематода
	Маркеры					
	NL25	N146	N195	57R	Gro1-4	Gpa2-2
89у06-2а	+	+	+	+	-	-
109-09-1л2	+	+	+	+	-	+
72-16-9	+	+	+	+	-	+
115-11-3лб	+	+	+	+	-	-
108-1л 33-2	+	+	+	+	-	+
134-10-5л4	+	+	+	+	-	-
214.32-12-6	+	+	+	+	-	-
217.200-2	+	+	+	+	-	-
201114-8	+	+	+	+	-	-
32ху05-15	+	+	-	+	-	-
14-07-7	-	+	-	+	-	-
72-16-12	+	+	+	-	-	+
206.180-2	+	+	+	-	-	-
209-08-07	+	+	-	+	-	-
215.274-20	+	+	-	+	-	-
295-15-6	+	-	-	-	-	+
Зарево	+	-	-	-	-	-
Здабытак	+	-	-	-	-	-
Лазарь	+	-	-	-	-	-
Сигнум	+	-	-	-	-	-
Синтез	+	-	-	-	-	-
0213.230-5	+	-	-	-	-	-
13/8-1	+	-	-	-	-	-
13/35-9а	+	-	-	-	-	+
15ху97-1	+	-	-	-	-	+
16Б03-17	+	-	-	-	-	-
16Б08-4	+	-	-	-	-	-
16П15-5	+	-	-	-	-	-
126-11-10	+	-	-	-	-	-
52-10-5	+	-	-	-	-	-
58ху98-7	+	-	-	-	-	-
63-17-1	+	-	-	-	-	-
151-15-4	+	-	-	-	-	-
166-13-7	+	-	-	-	-	-
201.161-11	+	-	-	-	-	-
209.23-27	+	-	-	-	-	+
217.25-2	+	-	-	-	-	+
217.43-6	+	-	-	-	-	-
217.197-2	+	-	-	-	-	-
217.235-6	+	-	-	-	-	-
217.247-1	+	-	-	-	-	-
238у07-5	+	-	-	-	-	-

**РАЗДЕЛ 1. СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО
КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР**

Наибольшую частоту встречаемости показал маркер N146 – 31 образец (53 %), маркер 57R – 29 образцов (50 %), маркер N195 – 27 образцов (46 %). Маркер Gro1-4 выявлен только у сорта Крок. Наличием маркера Gra2-2 устойчивости к бледной нематоде характеризовались сорта Куба, Альбатрос и гибриды 61-16-5, 56-16-25, 109-09-1л2, 72-16-9, 108-1л33-2, 72-16-12, 13/35-9а, 15ху97-1, 295-15-6, 209.23-27, 217.25-2.

В таблице 3 представлены результаты молекулярного скрининга маркеров, ассоциированных с синтезом и накоплением крахмала в клубнях картофеля.

Таблица 3 – Результаты молекулярного скрининга маркеров, ассоциированных с синтезом и накоплением крахмала в клубнях картофеля

Сорт, гибрид	Маркеры				
	StpL-3b	StpL-3e	Pain 18c	Stp23-8b	AGPsS-9a
72-16-9	+	+	+	+	+
72-16-12	+	+	+	+	-
215.274-20	+	+	+	-	+
Зарево	+	-	+	+	-
Здабытак	+	+	+	-	-
Синтез	+	+	-	-	+
Альбатрос	+	+	-	-	+
16Б03-17	+	+	+	-	-
16Б08-4	+	+	+	-	-
15ху97-1	-	+	+	+	-
109-09-1л2	+	-	+	+	-
151-15-4	+	-	+	+	-
214.32-12-6	+	+	+	-	-
52-10-5	+	-	+	+	-
Максимум	-	-	+	+	-
Кураж	-	-	+	-	+
Тукан	+	+	-	-	-
Олександрит	-	+	+	-	-
01501-6	+	-	+	-	-
0213.230-5	+	+	-	-	-
52-10-10	-	-	+	+	-
52-10-21	-	-	+	+	-
50-16-10	+	-	+	-	-
58ху98-7	-	+	+	-	-
61-16-5	+	-	-	+	-
63-17-1	+	-	+	-	-
133-08-1л2	-	-	-	+	+
201.161-11	-	+	-	-	+
206.180-2	-	+	-	+	-
217.25-2	+	-	+	-	-
217.247-1	-	+	-	-	+
295-15-6	+	-	+	-	-
201114-8	+	-	+	-	-
14-07-7	+	-	+	-	-
134-10-5л4	+	-	+	-	-
Крок	+	-	-	-	-
Куба	+	-	-	-	-

**РАЗДЕЛ 1. СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО
КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР**

Окончание таблицы 3

Сорт, гибрид	Маркеры				
	StpL-3b	StpL-3e	Pain 18c	Stp23-8b	AGPsS-9a
Лад	–	+	–	–	–
Лазарь	–	–	–	+	–
13/35-9a	+	–	–	–	–
14-07-4	–	–	+	–	–
16П15-5	–	–	–	+	–
26-11-10	–	–	–	–	+
115-11-3лб	–	–	–	+	–
166-13-7	–	–	–	–	+
209-08-07	–	–	–	+	–
209.23-27	–	+	–	–	–
217.43-6	+	–	–	–	–
217.200-2	–	+	–	–	–
217.235-6	–	–	+	–	–
238у07-5	–	–	+	–	–
Сигнум	–	–	–	–	–
12/69-6	–	–	–	–	–
13/8-1	–	–	–	–	–
32ху05-15	–	–	–	–	–
56-16-25	–	–	–	–	–
89у06-2a	–	–	–	–	–
217.197-2	–	–	–	–	–

Пять маркеров, отвечающих за синтез и накопление крахмала, имела самоопыленная линия 72-16-9, по четыре маркера имела самоопыленная линия 72-16-12 и межвидовой гибрид 215.274-20. У 10 образцов выявлено по три маркера, у 21 – по два маркера и у 16 – по одному.

Наибольшая частота встречаемости отмечена для маркера Pain 18c – 29 образцов (50 %), маркер StpL-3b встречался у 27 образцов (46), маркер StpL-3e – у 19 образцов (32), маркер Stp23-8b – у 17 образцов (29 %). Наименее встречаемым был маркер AGPsS-9a, который выявлен у 8 образцов (14 %).

У сортов картофеля Здабытак, Синтез, Альбатрос, Зарево, Максимум, Кураж, Ту-кан высокое и повышенное содержание крахмала подтверждено наличием 2–3 маркеров, отвечающих за синтез и накопление крахмала.

Высококрахмалистый сорт Крок имел только один маркер, у сорта Спакуса и гибридов 12/69-6, 13/8-1, 32ху05-15, 56-16-25, 89у06-2a, 217.197-2, отличающихся повышенным содержанием крахмала, не выявлено ни одного из использованных маркеров, что свидетельствует о необходимости поиска других маркеров, отвечающих за синтез и накопление крахмала.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выполненных исследованиях наличие гена *Sen1* устойчивости к раку картофеля подтверждено SCAR-маркером NL25 у 56 из 58 исследуемых образцов.

Среди анализируемых образцов по устойчивости к золотистой картофельной нематодой наибольшую частоту встречаемости показал маркер N146 – 31 образец (53 %), маркер 57R – 29 образцов (50), маркер N195 – 27 образцов (46 %). Маркер Gro1-4

выявлен только у сорта Крок. Наличием маркера Gra2-2 устойчивости к бледной картофельной нематоде характеризовались 14 сортообразцов.

Среди используемых маркеров, отвечающих за синтез и накопление крахмала, наибольшая частота встречаемости отмечена для маркера Pain 18c – 29 образцов (50 %), маркер StpL-3b встречался у 27 образцов (46), маркер StpL-3e – у 19 образцов (32), маркер Stp23-8b – у 17 образцов (29 %). Наименее встречаемым был маркер AGPsS-9a, который выявлен у 8 образцов (14 %).

У 6 сортообразцов, отличающихся повышенным содержанием крахмала, не выявлено ни одного из использованных маркеров, что свидетельствует о необходимости поиска других маркеров, отвечающих за синтез и накопление крахмала.

Список литературы

1. Эвенштейн, З. М. Популярная диетология / З. М. Эвенштейн. – М. : Экономика, 1990. – 319 с.
2. Potatoes, glycemic index, and weight loss in free-living individuals: Practical implications [Electronic resource] / J. M. Randolph [et al.] // Journal of the American College of Nutrition. – 2014. – Vol. 33. – Mode of access: <http://www.tandfonline.com>. – Date of access: 03.10.2017.
3. Инструкции по использованию [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://primetech.by/instrukcii-po-ispolzovaniyu>. – Дата доступа: 20.09.2022.
4. DNA variation at the invertase locus InvGE/GF is associated with tuber quality traits in populations of potato breeding clones / Li Li [et al.] // Genetics. – 2005. – Vol. 170. – P. 813–821.
5. Validation of candidate gene markers for marker-assisted selection of potato cultivars with improved tuber quality / Li Li [et al.] // Theor. Appl. Genet. – 2013. – Vol. 126, № 4. – P. 1039–1052.
6. Natural DNA variation at candidate loci is associated with potato chip color, tuber starch content, yield and starch yield / Li Li [et al.] // Theor. Appl. Genet. – 2008. – Vol. 116. – P. 1167–1181.

Поступила в редакцию 13.12.2023 г.

V. A. KOZLOV, D. V. BASHKO, E. I. MEDVEDEVA

SELECTION OF POTATO PARENTAL FORMS BY STARCH CONTENT BASED ON PCR ANALYSIS

SUMMARY

Research has been carried out to identify markers for resistance genes to potato cancer, golden and pale potato nematodes, as well as markers to identify loci responsible for the synthesis and accumulation of starch. Samples with a complex of markers associated with the studied characteristics were identified.

Key words: potato; potato cancer; pale and golden potato nematodes; starch; markers; PCR analysis.

УДК 635.21:631.526.32:581.192(476)

Л. Н. Козлова, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,
заведующий лабораторией биохимической оценки картофеля

О. Б. Незаконова, кандидат сельскохозяйственных наук,
старший научный сотрудник

РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук
Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству»,
аг. Самохваловичи, Минский район

ПИТАТЕЛЬНАЯ ЦЕННОСТЬ НОВЫХ СОРТОВ КАРТОФЕЛЯ БЕЛОРУССКОЙ СЕЛЕКЦИИ

РЕЗЮМЕ

Новые сорта картофеля Венера, Вилия, Лекар среднеспелой группы спелости селекции РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству» изучены по биохимическим показателям: содержание сухих веществ, суммарного белка, витамина С, редуцирующих сахаров, нитратов. Сорт Венера превосходит контрольный сорт Скарб по количеству сухих веществ, суммарного белка, витамина С, меньше накапливает редуцирующих сахаров и нитратов. По содержанию питательных веществ сорт Вилия находится на уровне контрольного сорта. По содержанию сухих веществ, суммарного белка и витамина С сорт Лекар значительно превосходит сорт Скарб, меньше накапливает редуцирующих сахаров и нитратов.

Ключевые слова: картофель; сорт; сухие вещества; суммарный белок; витамин С; редуцирующие сахара; нитраты.

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы представления о пищевой ценности картофеля как важнейшего продукта в диетическом питании человека вызвали интенсивное развитие селекции в направлении повышения питательности картофеля, а также проведение углубленных исследований в области его биохимии.

Картофель – одна из самых востребованных и широко распространенных сельскохозяйственных культур, которая возделывается во многих странах и на всех континентах кроме Антарктиды. Он находится на третьем месте по важности, является самым значительным в мире растительным источником пищевой энергии среди злаковых растений, а также источником восполнения недостатка витаминов, минеральных веществ и антиоксидантов. Это источник незаменимых пищевых и физиологически активных веществ.

По данным Национального статистического комитета Республики Беларусь, валовой сбор картофеля за 2022 г. составил 3 857 тыс. т, урожайность – 223 ц/га, площадь посадок – около 174 тыс. га.

В настоящее время востребованы сорта картофеля, сочетающие высокую и стабильную продуктивность, раннее накопление урожая, хорошие кулинарные и технологические качества, устойчивость к наиболее вредоносным болезням, вредителям и неблагоприятным условиям среды с высоким содержанием биологически ценных веществ, таких как белок, аскорбиновая кислота, играющих важную роль в профилактике целого ряда заболеваний.

Важную роль в формировании питательной ценности картофеля играют сортовые особенности, так как именно от сорта зависит содержание в клубнях сухих веществ, белка, витаминов, редуцирующих сахаров и нитратов. При его выборе необходимо учитывать адаптированность к почвенно-климатическим условиям и руководствоваться показателями качества, определенным образом влияющими на здоровье людей.

В настоящее время у сельхозпроизводителей есть огромный выбор сортов картофеля, обеспечивающих получение стабильных показателей урожайности и качества клубней. В мире существует более 50 тыс. сортов картофеля, каждый из которых адаптирован к определенным климатическим условиям. Сорта отечественной селекции составляют основу сортовых ресурсов Республики Беларусь. В 2023 г., по данным Государственной инспекции по испытанию и охране сортов растений, в Государственный реестр сортов сельскохозяйственных растений включены и допущены для производства, реализации и использования на территории Республики Беларусь 55 сортов картофеля отечественной селекции. Они испытаны и рекомендованы к выращиванию как в личных хозяйствах, так и в сельскохозяйственных организациях.

Одним из эффективных способов увеличения урожайности картофеля и повышения качества клубней является внедрение в производство новых сортов, обладающих комплексом хозяйственно ценных признаков и превосходящих по ряду важнейших из них (урожайность, устойчивость к распространенным заболеваниям, качество клубней, лежкость, вкусовые качества и др.) уже используемые в производстве сорта.

Данным требованиям отвечают созданные и переданные в 2022 г. в государственное сортоиспытание Республики Беларусь сорта картофеля Венера, Вилия, Лекар селекции РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству».

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Материалом для исследований служили клубни сортов картофеля питомника конурсного испытания 2–4 года Венера, Вилия и Лекар.

Исследования проводили в лаборатории биохимической оценки картофеля РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству» в 2019–2021 гг. Клубневой материал получен в отделе селекции картофеля РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству» (Самохваловичская экологическая точка), Гродненском зональном институте растениеводства НАН Беларуси (Гродненская экологическая точка), БГСХА (Горецкая экологическая точка), Гомельской, Минской, Могилевской, Брестской ОСХОС НАН Беларуси (Гомельская, Минская, Могилевская, Брестская экологические точки).

Клубневой материал выращен на дерново-подзолистой почве различного гранулометрического состава. Метеорологические условия вегетационных периодов были достаточно контрастными по годам, что позволило выявить и достоверно установить влияние метеорологических факторов на исследуемые признаки.

Содержание сухих веществ определяли термостатно-весовым методом [1], суммарного белка – с реактивом Оранж Ж [2], витамина С – по Мурри [1], редуцирующих сахаров – с реактивом Самнера [3], нитратов – ионоселективным методом [4].

Экспериментальные данные обработаны на ПЭВМ с использованием ряда пакетов специализированных прикладных программ (AB-Stat V – 1,1, Microsoft Excel) [5].

**РАЗДЕЛ 1. СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО
КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР**

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Новые сорта картофеля изучены по следующим показателям: содержание сухих веществ, суммарного белка, витамина С, редуцирующих сахаров, нитратов (табл. 1).

Установлена вариабельность биохимических показателей в зависимости от сорта, погодных условий вегетационного периода, гранулометрического состава почвы (табл. 1). Для показателей «содержание сухих веществ» и «содержание суммарного белка» характерна слабая вариабельность, «содержание витамина С», «содержание редуцирующих сахаров», «содержание нитратов» – сильная.

В клубнях сорта картофеля Венера в зависимости от почвенно-климатических условий содержится от 19,3 до 24,4 % сухих веществ, 0,88–1,03 % суммарного белка, 12,6–27,0 мг% витамина С, 0,11–0,32 % редуцирующих сахаров, 45,2–164,8 мг/кг нитратов. Образец превосходит контрольный сорт Скарб по количеству сухих веществ, суммарного белка, витамина С, меньше накапливает редуцирующих сахаров и нитратов.

Клубни сорта картофеля Виляя содержат 16,9–21,1 % сухих веществ, 0,86–1,09 % суммарного белка, 9,6–25,2 мг% витамина С, 0,16–0,55 % редуцирующих сахаров, 42,5–397,0 мг/кг нитратов. По содержанию питательных веществ образец находится на уровне контрольного сорта Скарб. Сорт склонен к накоплению нитратов при интенсивной технологии выращивания.

Сорт Лекар, отличающийся фиолетовой мякотью, в зависимости от условий выращивания содержит 21,5–25,8 % сухих веществ, 0,99–1,36 % суммарного белка, 11,6–28,1 мг% витамина С, 0,09–0,49 % редуцирующих сахаров, 31,4–350,4 мг/кг нитратов. По содержанию сухих веществ, суммарного белка и витамина С данный сорт значительно превосходит контрольный сорт Скарб. Меньше накапливает редуцирующих сахаров и нитратов.

Для лучшего восприятия результаты биохимических анализов представлены в баллах по шкале (табл. 2) [8, 9].

Таблица 1 – Биохимический состав клубней сортов картофеля, 2021–2022 гг.

Показатели	Сухое вещество, %	Суммарный белок, %	Витамин С, мг%	Редуцирующие сахара, %	Нитраты, мг/кг
Скарб (контроль)					
lim	15,0–21,8	0,77–1,05	8,2–26,1	0,13–0,82	55,8–376,9
\bar{x}	19,0	0,93	14,1	0,38	157,8
V, %	9,1	6,8	30,8	44,0	54,3
Венера					
lim	19,3–24,4	0,88–1,03	12,6–27,0	0,11–0,32	45,2–164,8
\bar{x}	21,3	0,96	19,3	0,22	86,8
V, %	7,4	6,1	24,9	36,8	43,6
Виляя					
lim	16,9–21,1	0,86–1,09	9,6–25,2	0,16–0,44	42,5–397,0
\bar{x}	19,0	0,99	14,6	0,34	168,4
V, %	6,9	6,2	30,8	33,8	72,2
Лекар					
lim	21,5–25,8	0,99–1,36	11,6–28,1	0,09–0,49	31,4–350,4
\bar{x}	23,8	1,21	18,5	0,16	131,1
V, %	5,2	7,9	24,6	60,2	75,8

Примечание. lim – пределы варьирования, \bar{x} – среднее значение, V, % – коэффициент вариабельности.

**РАЗДЕЛ 1. СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО
КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР**

Таблица 2 – Оценка клубней картофеля по биохимическим показателям, баллов

Образец	Сухие вещества	Суммарный белок	Витамин С	Редуцирующие сахара	Общий
Скарб (контроль)	3,0	5,0	5,0	7,0	20,0
Венера	5,0	5,0	7,0	9,0	26,0
Вилия	3,0	5,0	5,0	7,0	20,0
Лекар	5,0	7,0	7,0	9,0	28,0

В случае наивысших оценок по всем трем показателям балл сорта должен составлять 36, а в случае самых низких – 4. Чем выше балл, тем ценнее сорт по потребительским показателям. Установлено, что наибольшей питательной ценностью обладают клубни сорта Лекар с фиолетовой мякотью.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований новые сорта картофеля белорусской селекции оценены по содержанию биохимических веществ в клубнях и питательной ценности. Сорт Венера превосходит контрольный сорт Скарб по количеству сухих веществ, суммарного белка, витамина С, меньше накапливает редуцирующих сахаров и нитратов. По содержанию питательных веществ сорт Вилия находится на уровне контрольного сорта. По содержанию сухих веществ, суммарного белка и витамина С сорт Лекар значительно превосходит сорт Скарб, меньше накапливает редуцирующих сахаров и нитратов.

Установлено, что наибольшей питательной ценностью обладают клубни сорта Лекар с фиолетовой мякотью.

Список литературы

1. Практикум по агрохимии / Б. А. Ягодин [и др.]; под ред. Б. А. Ягодина. – М. : Агропромиздат, 1987. – 512 с.
2. Методы биохимического исследования растений / В. В. Арасимович [и др.]; под ред. А. И. Ермакова. – М. : Колос, 1987. – 456 с.
3. Luchhisinger, W. W. Reducing power by the dinitrosallycyl acid method / W. W. Luchhisinger, B. A. Corneski // Anal. Vbiochem. – 1962. – № 4. – P. 346.
4. Методические рекомендации по специализированной оценке сортов картофеля / С. А. Банадыев [и др.]. – Минск, 2003. – 70 с.
5. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – М. : Колос, 1968. – 336 с.
6. Bidner, U. The effect of variety, locality and year on table quality and test potatoes / U. Bidner, K. Dobias // Rost. Vyr. – 1986. – Vol. 10. – P. 59–70.
7. Stricker, H. W. Qualitdts und Sortenfragen bei der Kartoffel als Rohstoff in der Kartoffelverarbeitenden industrie / H. W. Stricker // Der Kartoffelbau. – 1983. – № 34. – P. 2.
8. Оценка клубней сортов картофеля на содержание редуцирующих сахаров и лежкость / Д. И. Волков [и др.] // Дальневосточный аграр. вестн. – 2021. – № 1 (57). – С. 5–13.
9. Параметры качества сортов, методика по различному целевому назначению : отчет о НИР / Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по картофелеводству и плодовоовощеводству; рук. В. Л. Маханько. – Самохваловичи, 2014. – 63 с.
10. Вечер, А. С. Физиология и биохимия картофеля / А. С. Вечер, М. Н. Гончарик. – Минск : Наука и техника, 1973. – 264 с.

Поступила в редакцию 27.11.2023 г.

L. N. KOZLOVA, O. B. NEZAKONOVA

NUTRITIONAL VALUE OF NEW POTATO VARIETIES OF BELARUSIAN SELECTION

SUMMARY

New varieties of potatoes Venera, Viliya, Lekar of the mid-ripening group of the selection of the RUE «Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Potato, Fruit and Vegetable Growing» were studied by biochemical parameters: the content of dry matter, total protein, vitamin C, reducing sugars, nitrates. The Venera potato variety surpasses the control variety of Scarb in the amount of dry matter, total protein, vitamin C, accumulating less reducing sugars and nitrates. In terms of nutrient content, the Viliya potato variety is at the level of the control variety. In terms of the content of dry substances, total protein and vitamin C, the Lekar variety is significantly superior to the Scarb variety. It accumulates fewer reducing sugars and nitrates.

Key words: potato; variety; dry matter; total protein; vitamin C; reducing sugars; nitrates.

УДК 635.21:631.527:632.651

М. В. Конопацкая, старший научный сотрудник

И. Г. Волчкевич, кандидат сельскохозяйственных наук,
заведующий лабораторией защиты овощных культур и картофеля

М. В. Васюхневич, младший научный сотрудник

РУП «Институт защиты растений», аг. Прилуки, Минский район

ИЗМЕНЕНИЕ ИНВАЗИОННОЙ НАГРУЗКИ *GLOBODERA ROSTOCHIENSIS* (WOLL. 1923) ВЕНRENS ДЛЯ ОЦЕНКИ СЕЛЕКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА КАРТОФЕЛЯ НА ГЛОБОДЕРОУСТОЙЧИВОСТЬ

РЕЗЮМЕ

Приведены результаты исследований, полученные в 2021–2022 гг. в лабораторно-полевых условиях при изменении начальной инвазионной нагрузки для оценки устойчивости сортов картофеля к золотистой картофельной нематоды. Установлено, что на корневой системе сортов Вольтман, Ласунак, Бриз и Юлия на изучаемых инвазионных фонах 15, 20 и 25 цист *G. rostochiensis* было отмечено свыше 5 золотисто-желтых цист нематоды, что соответствует их характеристике как восприимчивых к глободере. При изменении исходной нагрузки золотистой картофельной нематоды была подтверждена глободероустойчивость районированных сортов картофеля отечественной селекции Скарб, Водар и Нара. Таким образом, полученные данные указывают на достоверность результатов при оптимизации начальной инфекционной нагрузки для оценки сортов картофеля на нематодоустойчивость.

Ключевые слова: картофель; золотистая картофельная нематода; *Globodera rostochiensis*; инвазионная нагрузка; глободероустойчивость.

ВВЕДЕНИЕ

Глободероз до сих пор остается одной из наиболее вредоносных и опасных болезней картофеля, которая при сильном поражении растений может на 70–90 % снизить урожайность культуры. Заболевания вызывают цистообразующие картофельные нематоды (ЦКН) из рода *Globodera*: золотистая картофельная нематода (ЗКН, *G. rostochiensis* (Woll. 1923) Behrens) и бледная картофельная нематода (*G. pallida* (Stone, 1977)) [2, 11]. Оба вида нематод включены в карантинный список А2 Европейско-средиземноморской организации по защите растений (ЕОЗР) и зарегистрированы в странах, входящих в эту организацию, в том числе и в Республике Беларусь [18].

Во всех странах, имеющих очаги ЦКН, основным экологически безопасным приемом защиты картофеля является возделывание нематодоустойчивых сортов. Так, при возделывании глободероустойчивых сортов картофеля снижается плотность *G. rostochiensis* в условиях Беларуси от 43 до 64 %, в условиях России – до 99,5 % [3, 5, 16].

Впервые нематодоустойчивые клоны были отобраны в 1952 г., а первые нематодоустойчивые сорта картофеля были получены в 1960 г. [16]. По состоянию на первое десятилетие XX в. селекционными учреждениями разных стран создано

РАЗДЕЛ 1. СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР

более 700 сортов картофеля, устойчивых к ЗКН: Германии – >240 сортов, Нидерландах – >182, Польше – >40, Англии – >24, России – >38, Чехии – >17 [7, 12].

На сегодняшний день различают три вида устойчивости сортообразцов к картофельной нематоды: сверхчувствительность, полевая устойчивость и толерантность. В селекционном процессе предпочтение отдается сверхчувствительности, которая базируется на вертикальной устойчивости сортов. Личинки фитогельминта проникают в корни растений, но в дальнейшем клетки, контактирующие с личинками, отмирают, в результате чего на корнях картофеля цисты не образуются или появляются в очень небольшом количестве [1, 14].

В Республике Беларусь характеристика по восприимчивости к ЗКН прописывается в Государственном реестре сортов сельскохозяйственных растений в обязательном порядке и является основным признаком сорта при его включении в реестр. По состоянию на 2022 г. в Беларуси районировано 188 сортов картофеля (29,3 % – отечественной селекции, 70,7 % – иностранной), среди них 164 нематодоустойчивых [4].

Для определения устойчивости сорта картофеля к ЦКН в основном используются методы, основанные на учете количества цист на корневой системе растений. Так, в Европе используется методика, базирующаяся на определении отношения конечной и начальной инвазионной нагрузки (Pf/Pi): в Болгарии и Великобритании сорт считается устойчивым, если $Pf/Pi \leq 1$, в Германии – $\leq 0,6$. В Дании для оценки на устойчивость используют обе методики и сорт считают устойчивым, если $Pf/Pid \leq 1$ и на корневой системе сформировалось 0–5 цист [6, 9].

В настоящее время в Беларуси испытания сортообразцов картофеля различного генетического происхождения на глободероустойчивость проводятся в лабораторно-полевых условиях согласно методическим рекомендациям «Оценка сортов и гибридов картофеля на устойчивость к раку и глободерозу на совмещенном и отдельных фонах» (2001 г.). При этом используется биологическое тестирование на инвазионном фоне, что связано с затратами на культивирование изолированных популяций глободеры. Этот метод продолжительный по времени, и его результаты зависят от физиологического состояния опытных растений и условий окружающей среды. Кроме того, испытания селекционного материала на восприимчивость к *G. rostochiensis* проводятся с использованием высокой инвазионной нагрузки ЗКН патотип Ro1 – не менее 5 тыс. яиц и личинок на 100 см³ почвы [10].

При том в зарубежной практике используют методы, направленные как на сокращение сроков проведения оценки, так и на снижение инвазионной нагрузки и способов заражения. Так, в Международном центре по картофелю (Перу) для оценки гибридов и сортов картофеля на устойчивость к ЦКН для инокуляции используют личинки нематод из расчета 150 шт/образец, в Шотландии – 40 яиц на 1 г компоста, в России – 3000 тыс. жизнеспособных личинок и яиц на 100 см³ почвенного субстрата. При определении устойчивости сорта картофеля, согласно протоколу ЕРРО РМ 3/68, необходимо, чтобы инокулюм ЦКН содержал в 1 мл почвы 5 зрелых яиц и 5 личинок [9, 13].

В связи с этим целью наших исследований являлась оптимизация плотности инвазионной нагрузки нематоды в почве для оценки устойчивости селекционного материала картофеля к *Globodera rostochiensis* (Woll.).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

В исследованиях использовали популяции глободеры, полученные путем выращивания восприимчивых к ЗКН сортов картофеля (Вольтман, Бриз и Ласунак) в изолированных сосудах, заполненных грунтом с известной инвазионной нагрузкой [8, 10].

В результате были получены отдельные популяции *G. rostochiensis*, каждая из которых проанализирована на пригодность к использованию в качестве инвазионного фона. Для этого с января по апрель в лабораторных условиях провели подсчет количества цист в 100 см³ почвенного образца. Под микроскопом определили содержание жизнеспособных личинок и яиц в каждой из 10 цист отдельной популяции.

Выделение цист для заражения почвы проводили флотационным методом. В литровый стакан высыпали 100 см³ просеянной почвы, которую затем заливали водой. Полученную взвесь отстаивали в течение 3–5 мин, после чего верхний слой жидкости со всплывшими цистами и органическими частицами пропускали через фильтр с ячейками размером 200 мкм, вложенный в воронку диаметром 10–15 см, после чего полученный фильтрат просматривали под биноклем и отбирали необходимое количество цист [8, 10, 17].

Подсчет жизнеспособных личинок и яиц в цистах проводили следующим образом: 10 цист собирали в капле воды на конце предметного стекла, эту каплю закрывали концом другого предметного стекла, и цисты раздавливали между ними. Затем содержимое смывали со стекол в химический стакан, где уровень воды доводили до 10 мл. Взвесь личинок в стакане в течение 1–2 мин перемешивали магнитной мешалкой при скорости вращения 3–5 тыс. оборотов/мин, чтобы разъединить яйца, не прекращая перемешивания, из стакана отбирали мерной пипеткой 10 проб по 0,1 мл каждая, которые помещали на предметные стекла с лункой. Под микроскопом просматривали и подсчитывали выделившиеся из цист яйца и жизнеспособные личинки (выпрямленные, имеющие нормальный тургор тела, а также с хорошо просматривающимися сквозь кутикулу внутренними органами). Подсчитав среднее количество личинок и яиц в 0,1 мл взвеси, рассчитывали их содержание в 10 мл и переводили на 1 цисту [8].

Для оптимизирования плотности инвазионной нагрузки ЗКН при оценке устойчивости гибридов картофеля нами в 2021 и 2022 гг. проведена закладка опытов на сортах, восприимчивых к ЗКН патотип Ro1 – Вольтман, Ласунак и Бриз и устойчивых – Скарб, Водар, Нара с определенной дозированной инфекционной нагрузкой (15, 20 и 25 цист на горшок (250 см³). Испытания проводили в вегетационно-полевых опытах. Для этого стерильная почва, состоящая из верхового торфа и песка (1:1), набивалась в горшочки объемом 250 см³, в которые высаживали по одному клубню картофеля. Повторность опыта 10-кратная. Заражение почвы производилось искусственно цистами ЗКН.

Через 7–8 недель после посадки картофеля, когда на корнях растений появились золотисто-желтые цисты, был проведен учет их количества на корневой системе. В зависимости от их числа образцы относили к различным группам устойчивости:

- 1 группа – 0 цист на корневую систему – устойчивые;
- 2 группа – 1–5 цист на корневую систему – слабопоражаемые;
- 3 группа – свыше 5 цист на корневую систему – восприимчивые [10].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Оценка популяции глободеры, выращенной в лабораторных (искусственных) условиях в зимне-весенний период, на пригодность к использованию в качестве инвазионного фона показала, что количество яиц и личинок фитогельминта в среднем на 1 цисту в 2021 и 2022 гг. составляло 190,6 и 196,6 шт. соответственно.

Таким образом, исходя из среднего количества яиц и личинок нематоды в 1 цисте, начальная инвазионная нагрузка составила в 2021 г. 2 859, 3 812 и 4 765 шт., в 2022 г. – 2 949, 3 932 и 4 915 шт. соответственно в 15, 20 и 25 цистах.

**РАЗДЕЛ 1. СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО
КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР**

Оценка гибридов картофеля на глобдероустойчивость через 8 недель после посадки, путем подсчета на видимой части корневой системы образовавшихся золотисто-желтых цист, позволила установить, что наибольшее количество цист ЗКН образовалось на сорте Ласунак – 23,0–49,3 и 24,0–67,5 шт. соответственно в 2021 и 2022 гг. (табл.).

При исходном уровне инвазионной нагрузки 15, 20 и 25 цист/растение в 2021 г. фиксировали незначительные колебания в образовании желтых цист нематод (от 21,0 до 29,0 шт.) на восприимчивых сортах картофеля. В 2022 г. при визуальном осмотре корневой системы восприимчивых сортов Вольтман, Бриз и Юлия различий в формировании цист при исследуемой начальной нагрузке в 15, 20 и 25 цист/растение не отмечали. Однако на растениях восприимчивого сорта Ласунак количество золотисто-желтых цист *G. rostochiensis* превышало начальную нагрузку в 3,4 раза и достигало 67,5 шт/растение.

Таким образом, исследуемые восприимчивые сорта картофеля подтвердили свою степень глобдероустойчивости согласно характеристике, данной в Государственном реестре сортов сельскохозяйственных растений, как на низком инфекционном фоне (15 цист/растение), так и на высоком (25 цист/растение).

При оценке поверхности земляного кома установлено, что в 2022 г. на изучаемых инвазионных фонах в вегетационно-полевых условиях на корневой системе сортов Скарб, Водар и Нара не обнаружено золотисто-желтых цист фитогельминта. В то же время в 2021 г. на устойчивом сорте Скарб отмечали в среднем 0,7 цист/растение. Однако по международной шкале допускается образование единичных цист на корневой системе растения устойчивого сорта [3, 15]. Следовательно, по результатам биотеста данные сорта подтвердили свою глобдероустойчивость как на фоне низкой начальной инфекционной нагрузки (15 цист), так и высокой (25 цист).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате исследований нами не было обнаружено существенных отличий в развитии ЗКН на восприимчивых сортах картофеля при разных инфекционных нагрузках. Независимо от начальной инвазии (15, 20 или 25 цист/растение) количество золотисто-желтых цист ЗКН на видимой части корневой системы соответствовало характеристике сортов на глобдероустойчивость. Так, на восприимчивых сортах Вольтман, Ласунак, Бриз и Юлия образовалось более 5 цист/растение, а на устойчивых Скарб, Нара и Водар их не выявили.

Таблица – Пораженность сортов картофеля глобдерозом на разных инфекционных фонах (вегетационно-полевой опыт, РУП «Институт защиты растений»)

Сорт	Количество цист ЗКН на корневой системе при начальной инвазионной нагрузке, шт/растение					
	2021 г.			2022 г.		
	15	20	25	15	20	25
Вольтман	21,0	29,0	33,2	13,3	12,5	23,0
Бриз	27,6	26,2	33,8	20,0	13,5	10,0
Ласунак	23,0	23,6	49,3	24,0	67,5	46,7
Юлия	–	–	–	8,3	4,7	7,3
Скарб	0,1	0,4	0,7	0,0	0,0	0,0
Нара	–	–	–	0,0	0,0	0,0
Водар	–	–	–	0,0	0,0	0,0

Примечание. Учет проведен в желтую (золотистую) фазу развития ЗКН.

Таким образом, было установлено, что начальная инвазионная нагрузка ЗКН в 15 и 20 цист/растение является достаточной для достоверной оценки устойчивости сортов к нематоде и предполагает возможность ее использования в дальнейших исследованиях.

Список литературы

1. Абросимова, С. Б. Совершенствование методов селекции картофеля на устойчивость к золотистой картофельной нематоде *Globodera rostochiensis* (Woll.) Behrens : дис. ... канд. с.-х. наук : 06.01.05 / С. Б. Абросимова. – М., 2014. – 156 л.
2. Ананьева, И. Н. Видовая идентификация, патотипический состав *Globodera rostochiensis* (Woll.) Behrens и устойчивость картофеля к глободерозу : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 06.01.11 / И. Н. Ананьева ; Ин-т защиты растений НАН Беларуси. – Прилуки, 2005. – 20 с.
3. Бондарь, Л. В. Дифференцированный подход к использованию нематодоустойчивых сортов картофеля в борьбе с картофельной нематодой / Л. В. Бондарь, Р. М. Гладкая // Защита растений : сб. науч. тр. / БелНИИ защиты растений ; редкол.: В. Ф. Самерсов (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 1989. – Вып. 14. – С. 7–13.
4. Государственный реестр сортов [Электронный ресурс] / Гос. инспекция по испытанию и охране сортов растений ; отв. ред. В. А. Бейня. – Минск, 2022. – 283 с. – Режим доступа: http://sorttest.by/img/gosudarstvennyy_reyestr_2022.pdf. – Дата доступа: 08.11.2021.
5. Грибоедова, О. Г. Влияние нематодоустойчивых сортов картофеля на плотность популяций золотистой картофельной нематоды *Globodera rostochiensis* в условиях личного подсобного хозяйства / О. Г. Грибоедова, А. И. Володин, А. А. Шестеперов // Защита картофеля. – 2018. – № 1. – С. 28–31.
6. Как оценивать устойчивость картофеля к *Globodera rostochiensis*? Российскую шкалу пора привести в соответствие с европейской / Е. А. Симаков [и др.] // Защита и карантин растений. – 2009. – № 1. – С. 28–29.
7. Лиманцева, Л. А. Золотистая картофельная нематода *Globodera rostochiensis* в Северо-западном регионе РФ: состав популяции, источники и доноры устойчивости : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 06.01.07 / Л. А. Лиманцева ; ГНУ ВИР. – СПб., 2010. – 21 с.
8. Методические указания по выявлению, идентификации и ликвидации золотистой картофельной нематоды (*Globodera rostochiensis* (Wollenweber) Behrens) и бледной картофельной нематоды (*Globodera pallida* (Stone) Behrens) / А. В. Пискун [и др.]. – Минск, 2017. – 24 с.
9. Методы оценки сортообразцов картофеля на устойчивость к золотистой картофельной нематоде в лабораторных испытаниях / Е. А. Симаков [и др.]. – М. : ООО «Редакция журнала «Достижения науки и АПК», 2006. – 20 с.
10. Оценка сортов и гибридов картофеля на устойчивость к раку и глободерозу на совмещенном и отдельных фонах / БелНИИ защиты растений ; авт.-сост. Д. Е. Портянкин, Б. С. Толкачев. – Минск, 2001. – 24 с.
11. Потенциально опасные для отечественного картофелеводства карантинные виды и патотипы нематод: изменчивость популяций и генетика устойчивости картофеля / Н. В. Мироненко [и др.]. // Вавиловский журн. генетики и селекции. – 2020. – № 7. – С. 705–721.
12. Сохранение, изучение и использование в селекции генетического разнообразия картофеля во ВНИИР им. Н. И. Вавилова / С. Д. Киру [и др.] // Достижения науки и техники АПК. – 2007. – № 7. – С. 2–6.

13. Тестирование сортов картофеля для оценки их устойчивости к *Globodera rostochiensis* и *Globodera pallida* [Электронный ресурс] // Стандарты ЕОКЗР РМ 3/68. – Режим доступа: [https://www.ggiskzr.by/archive/inspection_quarantine_plants/EPPO_PM_3-68\(1\)_ru.pdf](https://www.ggiskzr.by/archive/inspection_quarantine_plants/EPPO_PM_3-68(1)_ru.pdf). – Дата доступа: 11.02.2021.

14. Устойчивость картофеля к карантинным болезням / А. В. Хютти [и др.] // Вавиловский журн. генетики и селекции. – 2017. – № 1. – С. 51–61.

15. Физиология глободерезистентности картофеля / Г. И. Соловьева [и др.]; отв. ред. С. Н. Дроздов; АН СССР, Карел. фил., Ин-т биологии. – Л.: Наука: Ленингр. отделение, 1989. – 134 с.

16. Шестеперов, А. А. Эффективность выращивания нематоустойчивого сорта картофеля в очаге золотистой картофельной нематоды / А. А. Шестеперов, Е. А. Лукьянова // Теория и практика борьбы с паразитарными болезнями. – 2019. – № 20. – С. 706–711.

17. Яковлева, В. А. Положение о порядке испытания картофеля на устойчивость к возбудителю рака картофеля (патотип I) и золотистой картофельной цистообразующей нематоды (патотип Ro I) / В. А. Яковлева, А. Б. Долягин. – М.: МСХ, 1993. – 12 с.

18. EPPO A1 [Electronic resource] // List of pests recommended for regulation as quarantine pests. – Mode of access: https://www.eppo.int/ACTIVITIES/plant_quarantine/A1_list/. – Date of access: 11.02.2021.

Поступила в редакцию 12.12.2023 г.

M. V. KONOPATSKAYA, I. G. VOLCHKEVICH, M. V. VASYUHNEVICH

CHANGES OF THE INVASIVE LOAD OF *GLOBODERA ROSTOCHIENSIS* (WOLL. 1923) BEHRENS FOR EVALUATION OF POTATO BREEDING MATERIAL TO *GLOBODERA* RESISTANCE

SUMMARY

The results of research obtained in 2021–2022 in laboratory and field conditions when changing the initial invasive load for evaluation of the resistance of potato varieties to the golden potato nematode are presented. It was established that more than 5 golden-yellow nematode cysts were noted on the root system of potato varieties Voltman, Lasunak, Briz and Yuliya on the studied invasive backgrounds of 15, 20 and 25 of G. rostochiensis cysts, which corresponds to their characteristics as susceptible to Globodera. When changing the initial load of the golden potato nematode, the Globodera resistance of the domestic potato varieties Scarb, Vodar and Nara was confirmed. Thus, the data obtained indicate the reliability of the results when optimizing the initial infectious load for assessing potato varieties for nematode resistance.

Key words: potato; golden potato nematode; *Globodera rostochiensis*; invasive load; *Globodera* resistance.

УДК 635.262:631.524.86

В. В. Корецкий, заведующий сектором луковых культур
Н. П. Купренок, кандидат сельскохозяйственных наук,
заведующий отделом холодостойких овощных культур

РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук
Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству»,
аг. Самохваловичи, Минский район

СЕЛЕКЦИЯ ЧЕСНОКА ОЗИМОГО (*ALLIUM SATIVUM* L.) НА УСТОЙЧИВОСТЬ К ФУЗАРИОЗУ

РЕЗЮМЕ

Изложены результаты оценки образцов чеснока озимого на устойчивость к фузариозу. Отмечено проявление признаков фузариоза на всех исследуемых образцах. Установлено, что степень поражения растений и распространенность болезни существенно отличается в зависимости от образца. В неблагоприятных для растений условиях распространение фузариоза усиливалось. Наиболее высокую устойчивость к фузариозу показывают клоны К-4/21, К-2/21, UR-18, а также сорта Сармат и Светлогорский.

Ключевые слова: озимый чеснок; коллекционные образцы; урожайность; фузариоз; Беларусь.

ВВЕДЕНИЕ

Чеснок является ценной овощной культурой. По своей значимости среди овощных культур он занимает одно из ведущих мест, а по объемам продаж стоит на четырнадцатом месте [1]. В последние годы в Республике Беларусь остро стоит вопрос обеспечения населения и перерабатывающей промышленности чесноком. Потребность республики в чесноке основывается на медицинских нормах, установленных Институтом питания СССР, согласно которым минимальное годовое потребление чеснока (с учетом потребностей перерабатывающей промышленности) должно составлять не менее 1 кг на душу населения. Исходя из этого объем собственного его производства должен достигать 10–11 тыс. т.

Важным мероприятием по увеличению производства озимого чеснока в республике является внедрение более перспективных и высокоурожайных сортов [2]. Кроме того, на современном этапе селекционной работы стоит задача создания сортов, устойчивых к комплексу болезней и вредителей [3].

Установлено, что одним из главных факторов, снижающих продуктивность и качество чеснока озимого, является вред, наносимый продукции грибными заболеваниями. Наиболее вредоносными являются грибы рода *Fusarium* [4].

В целях контроля и уменьшения вредоносности патогена необходимо выделять доноры устойчивости, поскольку выведение устойчивых и толерантных сортов считается наиболее эффективным способом сохранения урожая.

Поэтому в настоящее время является актуальной задача создания отечественных высокоурожайных сортов чеснока озимого, обладающих устойчивостью к фузариозу.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Объектами исследований являлись сорта и клоны чеснока озимого. Предмет исследований – урожайность, устойчивость к основным заболеваниям. Материалом для изучения служили пораженные вегетативные органы растений и луковицы чеснока.

Степень распространения болезни рассчитывали по следующей формуле [5]:

$$P = \frac{n \times 100}{N},$$

где P – распространенность болезни, %;

n – количество пораженных растений, шт.;

N – общее количество учтенных растений, шт.

Интенсивность проявления болезни определяли глазомерно по площади пораженной поверхности листьев растений, используя специально разработанные шкалы в баллах, представленные в классификаторах [6].

Питомники клонов чеснока озимого закладывали согласно «Методическим указаниям по селекции луковых культур» [7]. Повторность опыта 1-, 2-кратная, площадь делянки 2–5 м².

Исследования проводились на естественном инфекционном фоне.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В период вегетации растений чеснока озимого видимые признаки заболевания фузариозом в условиях республики начинают проявляться в поле со 2–3-й декады мая. Нами проводилась оценка поражения коллекционных образцов чеснока озимого фузариозом в период вегетации и дифференциация изучаемых образцов по степени поражения возбудителем болезни.

Исследования велись на естественном инфекционном фоне и хотя искусственного заражения не проводилось поражение растений фузариозом в период вегетации отмечено практически на всех образцах, независимо от года исследований. В то же время степень поражения растений и распространенность болезни существенно отличались.

Для оценки степени устойчивости изучаемых образцов нами использована 9-балльная шкала (табл. 1).

Распространенность фузариоза в 2022 г. колебалась в зависимости от образцов и составляла от 0,5 до 2,0 % (табл. 2).

На интенсивность проявления болезни влияет ряд факторов, среди которых не последнюю роль играют условия вегетации, которые в 2023 г. оказались малоблагоприятными для роста и развития чеснока озимого. На фазу интенсивного роста листового аппарата пришелся период, характеризующийся полным отсутствием атмосферных

Таблица 1 – Степень устойчивости образцов к болезням

Индекс поражения, баллов	Устойчивость, баллов	Степень устойчивости
0	9	Иммунный
0,1–1,0	8	Очень высокая
1,1–2,0	7	Высокая
2,1–3,0	5	Средняя
3,1–4,0	3	Низкая
4,1–5,0	1	Очень низкая

**РАЗДЕЛ 1. СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО
КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР**

Таблица 2 – Результаты оценки образцов чеснока озимого на устойчивость к фузариозу в период вегетации

Образец	Степень распространения болезни, %			Балл		
	2022 г.	2023 г.	Среднее	2022 г.	2023 г.	Среднее
К-12/21	0,5	1,0	0,8	9	9	9,0
К-9/21	1,0	1,0	1,0	9	9	9,0
Сармат	0,5	1,0	0,8	9	8	8,5
UR-18	0,5	2,0	1,3	9	7	8,0
К-4/21	1,0	1,5	1,3	8	8	8,0
Светлогорский	0,5	1,0	0,8	8	8	8,0
МГ7-18	0,5	1,5	1,0	7	7	7,0
К-1/21	1,0	1,0	1,0	7	7	7,0
К-2/21	1,0	3,0	2,0	7	7	7,0
К-5/21	2,0	4,0	3,0	7	7	7,0
УК-18	1,0	2,0	1,5	6	6	6,0
КМ2-18	2,0	2,0	2,0	5	5	5,0
МГУ-18	1,0	1,0	1,0	5	5	5,0
ОРУ-18	2,0	6,0	4,0	5	5	5,0
ОРS-18	2,0	2,0	2,0	5	5	5,0
К-14/21	1,0	3,0	2,0	5	5	5,0
К-15/21	1,0	1,0	1,0	5	5	5,0
К-16/21	2,0	2,0	2,0	5	5	5,0
К-17/21	2,0	4,0	3,0	5	5	5,0
К-8/21	2,0	6,0	4,0	5	5	5,0

осадков. Растения имели угнетенный вид, в связи с чем показатели биометрических измерений в данном году уступали аналогичным параметрам предыдущего года. Распространенность болезни в 2023 г. была несколько выше и варьировала от 1,0 до 6,0 % в зависимости от образцов.

Более высокую устойчивость к заболеванию в этот период показали образцы с селекционными номерами К-12/21 и К-9/21, у которых степень распространения болезни по годам существенно не менялась и составила в среднем 0,8 и 1,0 % соответственно, а устойчивость осталась на уровне 9 баллов. Хорошие показатели отмечены также у сортов Сармат, Светлогорский и у клона К-4/21. Снижение устойчивости отмечено лишь у номера UR-18 – с 9 до 7 баллов.

Увеличение степени распространения болезни в неблагоприятный по метеословиям год наблюдалось у большинства образцов.

В целях объективной оценки устойчивости клонов чеснока к основному заболеванию – фузариозу обработки фунгицидами не проводились.

Погодные условия сказались на сроках уборки озимого чеснока, которые в 2022 г. наступили с задержкой в 7–10 дней (25 июля) по сравнению со среднемноголетними наблюдениями, а в 2023 г. чеснок был убранный на неделю раньше (12 июля).

Перед уборкой проводилась оценка устойчивости образцов к фузариозу. Наблюдения показали, что сохранилась тенденция устойчивости образцов, отмеченная в период вегетации. Однако, если в 2022 г. все изучаемые клоны подтвердили первоначальную степень устойчивости к болезни, то в 2023 г. отмечено некоторое снижение балла устойчивости. Вне зависимости от года исследования наблюдалось увеличение степени распространения болезни на протяжении периода вегетации. При этом в 2023 г. из-за жаркой сухой погоды увеличение степени распространения болезни выражено

**РАЗДЕЛ 1. СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО
КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР**

сильнее, а на менее устойчивых образцах выражено существенно. Так, в 2022 г. на высокоустойчивых сортах Сармат, Светлогорский и клоне с селекционным номером К-12/21 степень распространения болезни на луковицах в период уборки составила всего 1,2–1,5 %, тогда как на менее устойчивых образцах болезнью было поражено до 10,0 % растений (табл. 3). В 2023 г. распространенность болезни увеличилась и составила на высокоустойчивых сортах Сармат 7,7 %, Светлогорский – 8,0, на клонах с селекционными номерами К-2/21 – 5,6, К-12/21 и МГ7-18 – по 11,1 %, тогда как на менее устойчивых образцах болезнью было поражено от 14,8 до 33,3 % растений.

Снижение степени устойчивости к фузариозу в 2023 г. произошло у большинства образцов на 1–2 балла. Причем у клонов МГУ-18 и К-8/21 балл поражения снизился до 1. Лишь у клона К-2/21 балл не изменился, а степень распространения болезни увеличилась незначительно.

Визуальное изучение луковиц чеснока после доработки и хранения в течение трех месяцев показало, что у большинства сортов и клонов чеснока озимого присутствуют признаки поражения болезнями. На момент проведения учета у образцов с признаками болезни отмечено поражение фузариозом единичных зубков в луковице.

Учет поврежденных луковиц выявил различия в степени распространения болезни в зависимости от селекционного образца. Так, лучшие показатели отмечены у сорта Сармат и номеров UR-18, К-12/2 и К-8/2. Видимых признаков поражения на луковицах данного селекционного материала обнаружено не было. Высокую устойчивость к фузариозной гнили проявили также сорт Светлогорский и образец КМ2-18. Процент больных луковиц у них составил 0,6 и 0,9 соответственно. Еще у 10 образцов на момент обследования количество больных луковиц составило не более 3 %.

Таблица 3 – Результаты оценки образцов чеснока озимого на устойчивость к фузариозу после уборки

Образец	Степень распространения болезни, %			Балл		
	2022 г.	2023 г.	Среднее	2022 г.	2023 г.	Среднее
К-12/21	1,5	11,1	6,3	9	8	8,5
Сармат	1,2	7,7	4,5	9	8	8,5
UR-18	5,0	11,8	8,4	9	7	8,0
К-9/21	3,5	23,8	13,7	9	7	8,0
К-4/21	3,0	23,8	13,4	8	7	7,5
Светлогорский	1,5	8,0	4,8	8	7	7,5
К-2/21	3,0	5,6	4,3	7	7	7,0
К-1/21	3,0	16,7	9,9	7	6	6,5
К-5/21	6,0	14,8	10,4	7	6	6,5
МГ7-18	2,5	11,1	6,8	7	6	6,5
УК-18	6,0	11,1	8,6	6	5	5,5
К-16/21	8,0	18,8	13,4	6	5	5,5
КМ2-18	10,0	12,5	11,3	6	5	5,5
К-14/21	8,0	11,8	9,9	5	5	5,0
ORS-18	8,0	27,8	17,9	6	3	4,5
К-17/21	5,0	33,3	19,2	6	3	4,5
ОПУ-18	6,0	20,0	13,0	5	3	4,0
К-15/21	3,5	12,5	8,0	5	3	4,0
МГУ-18	6,0	22,2	14,1	5	1	3,0
К-8/21	6,0	21,1	13,6	5	1	3,0

В период хранения может наблюдаться прогрессирующее фузариозное поражение и его распространение на здоровые луковицы. Однако уже в начальном периоде у девяти образцов отмечено более 5 % больных луковиц. Из них худшие показатели у клонов К-3/21 (12,0 %) и К-7/21 (13,6 %), что свидетельствует о меньшей устойчивости данных образцов к патогену.

По результатам двухлетних исследований к перспективным образцам в качестве исходного материала для селекции на устойчивость к фузариозу можно отнести сорт Сармат и клон К-4/21, у которых оказался самый высокий средний балл устойчивости за годы исследований (8,5). Высокий балл (7–8), а также слабая степень распространения болезни отмечены в среднем у клонов К-2/21 (4,3 %), UR-18 (8,4), а также у сорта Светлогорский (4,8 %).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Изучение степени поражения образцов фузариозом в период вегетации и их оценка по степени устойчивости к болезни в этот период показали, что поражение растений болезнью отмечено на всех образцах.

2. Установлено, что степень поражения растений и распространенность болезни существенно отличаются в зависимости от образца.

3. Выделены наиболее устойчивые к фузариозу клоны К-4/21, К-2/21, UR-18, а также сорта Сармат и Светлогорский.

4. Выделенные образцы подтвердили свою высокую устойчивость к заболеванию в период вегетации в годы исследований, хотя и распространенность, и степень поражения у большинства клонов в неблагоприятных условиях оказались несколько выше.

Список литературы

1. Попков, В. А. Чеснок: биология, технология, экономика / В. А. Попков. – Минск : Наша Идея, 2012. – 768 с.
2. Матиевская, Н. А. Методика оценки сортов и гибридов чеснока озимого на устойчивость к возбудителям гнилей / Н. А. Матиевская, Д. А. Брукиш. – Гродно : ГГАУ, 2018. – 12 с.
3. Корецкий, В. В. Оценка зимостойкости образцов озимого чеснока в коллекционном питомнике / В. В. Корецкий, Н. П. Купреенко // Овощеводство : сб. науч. тр. / Ин-т овощеводства ; редкол.: А. И. Чайковский (гл. ред.) [и др.]. – Т. 26. – Минск, 2018. – С. 48–51.
4. Шестакова, К. С. Селекционно-иммунологическая характеристика устойчивости чеснока озимого (*Allium sativum*) к фузариозной гнили : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : 06.01.05 ; 06.01.06 / К. С. Шестакова ; Всерос. науч.-исслед. ин-т селекции и семеноводства овощных культур. – М., 2009. – 22 с.
5. Основные методы фитопатологических исследований / А. Е. Чумаков [и др.] / ВАСХНИЛ. – М. : Колос, 1974. – 190 с.
6. Широкий унифицированный классификатор СЭВ и международный классификатор СЭВ лука репчатого (*Allium cepa* L.). – Оломоуц, 1980. – 42 с.
7. Методические указания по селекции луковых культур / ВАСХНИЛ, ВНИИ селекции и семеноводства овощных культур / сост. И. И. Ершов, А. А. Воробьева. – М. : ВАСХНИЛ, 1989. – 64 с.

Поступила в редакцию 28.11.2023 г.

V. V. KORETSKIY, N. P. KUPREENKO

**BREEDING OF WINTER GARLIC (*ALLIUM SATIVUM* L.)
FOR RESISTANCE TO FUSARIUM**

SUMMARY

The results of assessing winter garlic samples for resistance to Fusarium are presented. All studied samples were affected by Fusarium. It has been established that the degree of plant damage and the prevalence of the disease differs significantly depending on the sample. Under unfavorable conditions for plants, the spread of Fusarium increased. The highest resistance to Fusarium is shown by clones K-4/21, K-2/21, UR-18, as well as varieties Sarmat and Svetlogorskiy.

Key words: winter garlic; collection samples; yield; Fusarium; Belarus.

УДК 635.262:631.52

Н. П. Купреенко, кандидат сельскохозяйственных наук,
заведующий отделом холодостойких овощных культур
В. В. Корецкий, заведующий сектором луковых культур

РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук
Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству»,
аг. Самохваловичи, Минский район

РЕЗУЛЬТАТЫ СЕЛЕКЦИОННОЙ РАБОТЫ С ЯРОВОЙ ФОРМОЙ ЧЕСНОКА В УСЛОВИЯХ БЕЛАРУСИ

РЕЗЮМЕ

Исследования по селекции чеснока яровой формы проводились в направлении создания высокопродуктивных сортов с высоким содержанием биологически активных веществ, хорошей лежкостью и малым количеством относительно крупных зубков в луковице. По результатам предварительного сортоиспытания выделено пять образцов с селекционными номерами К17, 5/17, 17/1, 6/8 и 8/17.

В результате конкурсного сортоиспытания по комплексу хозяйственно ценных признаков выделен лучший клон 5/17, который под названием Лагодны передается в государственное сортоиспытание.

Ключевые слова: яровой чеснок; коллекционные образцы; товарность; урожайность; Беларусь.

ВВЕДЕНИЕ

В перечне овощной продукции чеснок по своей значимости занимает одно из ведущих мест в мире. Эта ценная культура имеет пищевое и лечебное значение. По шкале востребованности населением чеснок занимает 7-е место [1].

В основном чеснок выращивает население на своих приусадебных и дачных участках. В промышленном овощеводстве нашей страны под чесноком заняты незначительные площади, причем сельхозпредприятия занимаются производством только озимого чеснока. Промышленного выращивания ярового чеснока в республике нет [2]. Связано это с тем, что озимые формы более урожайные, товарность их выше, луковицы и зубки в них крупнее.

Недостатком озимой формы является короткий период хранения. В то же время яровые сорта чеснока обладают отличной лежкостью луковиц [3]. Некоторые из них могут храниться более года.

В связи с биологическими особенностями озимые и яровые сорта чеснока имеют неодинаковую продолжительность периода покоя. Потери в массе луковиц ярового чеснока меньше, чем озимого [4]. Это объясняется не только наличием большого количества сухих кроющих чешуй луковиц у ярового чеснока, а главным образом тем, что водоудерживающая способность коллоидов ярового чеснока всегда выше, чем озимого [5]. При соблюдении условий хранения луковицы ярового чеснока не высыхают вплоть до следующего урожая. Они менее острые, сочные, предназначены для зимне-весеннего потребления [3]. Отбором можно создать сорта чеснока, способные сохранять товарные качества до нового урожая и всхожесть даже в течение 2–3 лет [6].

В республике в последние годы наблюдаются экстремальные условия для перезимовки озимых форм чеснока. Нестабильные погодные условия зимы с длительными периодами оттепели приводят к отращиванию озимого чеснока, что является причиной частичной его гибели и значительного снижения урожайности.

Поскольку наибольшую пользу чеснок представляет при употреблении в свежем виде, возделывание яровых форм позволяет более полно удовлетворять запросы населения и продлить срок потребления свежей продукции в течение года. Поэтому озимые сорта следует отнести к более раннему сроку летне-осеннего, осенне-зимнего потребления, а яровые – к более позднему (февраль – май) [7].

В Государственный реестр сортов включено только 2 сорта чеснока ярового [8]. Отсутствие высокопродуктивных и лёжких сортов ярового чеснока не позволяет вести его промышленное возделывание. В связи с этим актуальным для республики является создание высокопродуктивных сортов чеснока яровой формы, пригодных для выращивания на промышленной основе, с высокими лёжкостью и содержанием биологически активных веществ, малым количеством относительно крупных зубков в луковице.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Научно-исследовательская работа проводилась в 2021–2023 гг. в овощном севообороте РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству» по полной схеме селекционного процесса. Объектами исследований были посевы, сорта и клоны чеснока ярового. Предмет исследований – урожайность, устойчивость к основным заболеваниям, лёжкость. Материалом для изучения служили вегетативные органы и луковицы чеснока.

Питомники испытания клонов чеснока ярового закладывали согласно «Методическим указаниям по селекции луковых культур» [9]. В качестве стандарта использовали районированный сорт белорусской селекции Ярвинит.

В контрольном питомнике оценивались 10 образцов с высоким содержанием селена и других биологически активных веществ, а также обладающие хорошими потребительскими качествами, которые были выделены из коллекционного материала в ходе выполнения задания НИР «Изучение фенотипического полиморфизма популяций чеснока (*Allium sativum* L.) по накоплению селена с целью создания исходного материала для селекции сортов с высокими биохимическими показателями» ГПНИ «Качество и эффективность агропромышленного производства», 2016–2020 гг. Параллельно проводились улучшающие отборы. Повторность опыта при предварительном испытании 2-кратная. Учетная площадь делянки 5 м².

Конкурсное сортоиспытание осуществлялось в 4-кратной повторности. Для изучения использовались 5 клонов-кандидатов сорта, выделенных по комплексу признаков в питомнике предварительного испытания. Площадь учетной делянки 10 м². Проводились улучшающие отборы.

Агротехника общепринятая для лабораторно-полевых опытов, без орошения. Основным методом селекции служил клоновый отбор.

Наблюдения, учеты и анализы проводились в соответствии с направлением селекции. В процессе исследований велись фенологические наблюдения, оценка образцов по биологическим и морфологическим признакам, биометрические измерения, анализ урожая, учеты поражения болезнями, лёжкость, товарность и качество луковиц.

Уборка урожая осуществлялась по мере созревания в зависимости от климатических показателей вегетационного периода и биологических особенностей изучаемых клонов. Учет урожая проводили после дозаривания и доработки вороха.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В результате наблюдения за ростом и развитием растений в питомнике предварительного испытания в 2021 г. отмечено дружное появление всходов 2 мая у всех образцов. В то же время клоны отличались по продолжительности вегетационного периода. Наиболее скороспелым оказался клон М3, у которого фаза созревания наступила 23 июля. Образцы с селекционными номерами К17, 5/17, 6/8, 8/17 и 17/1 оказались более позднеспелыми: фаза полного полегания у них наступила на 10 дней позже.

В период вегетации также проведены биометрические измерения, результаты которых представлены в таблице 1. Установлено, что в 2021 г. высота растений исследуемых образцов составила от 23,0 см у клона М3 до 46,7 см у образца 5/17. У остальных клонов данный показатель находился в пределах от 30 до 42 см. Имелись также различия между исследуемыми образцами по высоте ложного стебля. Максимальный показатель 18,7 см отмечен у клона 6/8. Для сравнения, у стандартного сорта Ярвинит он составил 12,7 см. Наиболее низкорослыми оказались образцы М3, 17/1 и 16/2. Высота ложного стебля у них составила соответственно 5,3; 9,0 и 9,3 см.

Ширина листа в 2021 г. не имела существенных различий между образцами. У большинства клонов листья были шириной 1,0–1,2 см и лишь клоны М3 и 16/2 имели узкие листья – 0,7 и 0,8 см соответственно. Средняя длина листьев в 2021 г. находилась в пределах 17,3–33,3 см с максимумом у образца 6/8. У семи образцов отклонение от стандарта в ту или иную сторону было не более 5 см.

Количество листьев на растении составило 4,3–9,3 шт. Диаметр ложного стебля колебался по образцам от 0,4 до 1,2 см.

После дозирования и доработки проведен учет урожайности (табл. 2). Результаты оценки показали, что практически все образцы превзошли по продуктивности стандартный сорт Ярвинит. Только у клона М3 она была ниже на 0,6 т/га, или 8,8 %. Максимальная урожайность получена у клона 6/8 – 10,1 т/га, что на 48,5 % выше, чем у стандарта. Высокую урожайность показали также образцы 5/17 – 9,7 т/га и 17/1 – 9,0 т/га, что на 42,6 и 32,4 % соответственно выше, чем у сорта Ярвинит.

По результатам предварительного сортоиспытания по комплексу хозяйственно-биологических признаков выделено пять образцов с селекционными номерами К17, 5/17, 17/1, 6/8 и 8/17, которые были включены в конкурсное сортоиспытание с 2022 г.

Таблица 1 – Показатели биометрических измерений ярового чеснока, 2021 г.

Образец	Высота растений, см	Ширина листа, см	Длина листьев, см	Количество листьев, шт.	Диаметр ложного стебля, см	Высота ложного стебля, см
Ярвинит, st	37,0	1,1	24,3	7,3	0,6	12,7
5/17	46,7	1,1	29,7	7,0	1,2	15,0
М3	23,0	0,7	17,3	4,3	0,4	5,3
16/2	32,3	0,8	24,0	6,3	0,5	9,3
6/8	42,3	1,2	33,3	9,3	0,9	18,7
14	41,3	1,1	28,0	9,0	0,8	13,0
17/1	33,7	1,0	25,0	4,3	0,4	9,0
5/3	30,7	1,0	20,7	5,3	0,4	13,0
К17	37,7	1,0	28,0	7,3	0,6	12,7
8/17	37,7	1,0	24,3	7,0	0,7	12,3

**РАЗДЕЛ 1. СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО
КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР**

Таблица 2 – Результаты учета урожая ярового чеснока в питомнике предварительного испытания, 2021 г.

Образец	Средняя масса луковицы, г	Урожайность		Товарность, %
		т/га	± к стандарту, %	
Ярвинит, st	31,0	6,8	–	79,5
К17	36,2	8,3	22,0	82,5
5/17	39,0	9,7	42,6	85,0
6/8	40,3	10,1	48,5	91,0
8/17	33,0	8,5	25,0	81,0
5/3	32,6	7,2	5,9	77,5
16/2	36,1	7,7	13,2	82,0
17/1	39,6	9,0	32,4	85,7
М3	28,2	6,2	–8,8	68,0
14	34,0	7,5	10,3	79,0

В 2022–2023 гг. нами проведено конкурсное сортоиспытание вышеуказанных образцов в сравнении со стандартным сортом Ярвинит. В результате исследований нами получены двухлетние данные, проведена их математическая обработка.

Анализ результатов биометрических измерений растений чеснока в период вегетации показал, что в среднем за два года в питомнике конкурсного сортоиспытания высота растений исследуемых образцов составила от 45 см у стандартного сорта Ярвинит до 54 см у клона 5/17 (табл. 3). У большинства клонов данный показатель находился в пределах 48–50 см.

Анализ биометрических показателей листового аппарата показывает, что максимальная ширина листа (1,6 см) отмечена у образцов 5/17 и 17/1. Максимальная длина листьев была у клонов К17 и 5/17 – 37 и 36 см соответственно. По количеству листьев выделились образцы 6/8 и 5/17 (в среднем 10 шт. на растении). Диаметр ложного стебля (косвенный признак размера луковицы) был также наибольшим у данных клонов – 1,2 см. Для сравнения, у стандартного сорта Ярвинит этот показатель составил 0,8 см. Высота ложного стебля у изучаемых образцов – 17–21 см.

Сравнительная оценка продуктивности образцов в питомнике конкурсного испытания показала, что все испытываемые образцы превзошли по урожайности стандарт (табл. 4). Средняя прибавка составила от 12,3 % у клона 8/17 до 37,7 % у клона 5/17.

Образцы, имеющие более высокую урожайность, характеризуются и более крупными луковицами. Так, средняя масса луковиц за два года у клонов 5/17, 6/8 и 17/1 составила 34,8; 34,3 и 33,8 г соответственно, тогда как у сорта Ярвинит – 27,4 г.

Таблица 3 – Показатели биометрических измерений ярового чеснока, среднее за 2022–2023 гг.

Образец	Высота растений, см	Ширина листа, см	Длина листа, см	Количество листьев, шт.	Диаметр ложного стебля, см	Высота ложного стебля, см
Ярвинит, st	45	1,2	33	8,5	0,8	17
5/17	54	1,6	36	10,0	1,2	21
17/1	49	1,6	35	9,0	1,1	20
К17	48	1,3	37	9,0	0,8	19
6/8	50	1,5	33	10,0	1,2	21
8/17	48	1,2	35	8,0	0,8	19

**РАЗДЕЛ 1. СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО
КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР**

Таблица 4 – Результаты конкурсного сортоиспытания ярового чеснока, 2022–2023 гг.

Образец	Масса луковицы, г			Урожайность, т/га				Товарность, %
	2022 г.	2023 г.	Среднее	2022 г.	2023 г.	Среднее	± среднее к стандарту, %	
Ярвинит, st	31,2	23,6	27,4	7,1	5,9	6,5	–	76,8
5/17	40,4	29,2	34,8	10,6	7,3	8,95	37,7	84,0
17/1	39,6	28,0	33,8	9,8	7,0	8,4	29,2	81,2
K17	37,4	24,4	30,9	8,6	6,1	7,35	13,1	77,1
6/8	40,3	28,3	34,3	10,4	7,2	8,8	35,4	85,9
8/17	34,1	25,6	29,9	8,2	6,4	7,3	12,3	77,4

Вследствие этого данные образцы имеют и более высокую товарность продукции: в среднем она составила более 80 % (81,2 % у клона 17/1, 84,0 – у 5/17 и 85,9 % у клона 6/8).

По результатам конкурсного сортоиспытания 2022–2023 гг. по комплексу хозяйственно ценных признаков нами выделен клон 5/17, который под названием Лагодны передается в государственное сортоиспытание.

Сорт **Лагодны** (рис.) получен в РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству» методом клонового отбора из местного образца из Кореличского района Гродненской области.

Морфологические признаки. Листья темно-зеленой окраски, с восковым налетом средней интенсивности. На одно растение в среднем приходится 8–10 листьев. Средняя длина листа – 36 см, средняя ширина – 1,6 см. Луковица плоско-округлой формы, средней плотности, состоит из 15–18 остроконечных зубков среднего размера. Средняя масса луковицы за годы испытания в питомнике конкурсного испытания составила 34,8 г. Кроющие чешуи плотные, белые. Окраска сухих чешуй зубков светло-коричневая с розовым оттенком, зубков – кремовая.

Хозяйственно-биологическая характеристика. Сорт яровой, среднеранний, от весеннего отрастания до созревания проходит 95–100 дней. Средняя урожайность за 2022–2023 гг. составила 8,95 т/га. Максимальная урожайность получена в 2022 г. – 10,6 т/га. Товарность луковиц – 84,3 %. Мякоть плотная, вкус полустрый. Содержание сухого вещества – 41,0 %, витамина С – 7,4 мг%, сумма сахаров – 11,44 %.



Рисунок – Перспективный образец 5/17 (Лагодны)

Сорт универсального назначения, лежкий, луковицы сохраняются до июля – августа. Рекомендуются для прямого потребления, перерабатывающей и фармацевтической промышленности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В результате селекционной работы по результатам предварительного сортоиспытания по комплексу хозяйственно-биологических признаков выделено пять образцов с селекционными номерами К17, 5/17, 17/1, 6/8, и 8/17, которые были включены в конкурсное сортоиспытание с 2022 г.

2. Сравнительная оценка продуктивности образцов в питомнике конкурсного испытания показала, что все испытываемые образцы превосходили по урожайности стандарт в среднем от 12,3 % (клон 8/17) до 37,7 % (клон 5/17).

3. Установлено, что клоны 5/17, 6/8 и 17/1 существенно превысили стандарт по товарности продукции.

4. По результатам конкурсного сортоиспытания 2022–2023 гг. по комплексу хозяйственно ценных признаков выделен клон 5/17, который под названием Лагодны передается в государственное сортоиспытание.

Список литературы

1. Попков, В. А. Чеснок: биология, технология, экономика / В. А. Попков. – Минск : Наша Идея, 2012 – 768 с.

2. Попков, В. А. Чеснок: биология, технология, экономика / В. А. Попков ; рец.: В. В. Скорина, Н. П. Купреенко, Т. М. Карбанович. – Минск : Наша Идея, 2012. – 768 с.

3. Чеснок на Урале и в Сибири: морфологические особенности, агротехника, сорта, болезни и вредители, химический состав и использование : науч.-практ. рекомендации / Е. Г. Гринберг [и др.] ; Фед. исслед. центр, Ин-т цитологии и генетики, Фил. – Сибирский науч.-исслед. ин-т растениеводства и селекции Россельхозакадемии. – Новосибирск ; Екатеринбург : Первоуральская тип., 2016. – 51 с.

4. Купреенко, Н. П. Лук и чеснок / Н. П. Купреенко. – Минск : Красико-Принт, 2019. – 64 с.

5. Пешков, С. А. Ион гидроксония в качестве стерилизующего агента в условиях *in vitro* / С. А. Пешков // Сельскохозяйственная биотехнология : материалы II Междунар. науч.-практ. конф., г. Горки, 3–6 дек. 2001 г. / редкол.: А. В. Кильчевский (отв. ред.), Н. Х. Федосова, Т. В. Никонович ; под ред. А. В. Кильчевского. – Горки, 2002. – С. 259–261.

6. Лихацкий, В. И. Чеснок. Биология и технология выращивания : практ. пособие / В. И. Лихацкий. – Киев : УСХА, 1990. – 96 с.

7. Селекция луковых культур на устойчивость к патогенам / А. Ф. Агафонов [и др.] // Устойчивость к болезням : сб. науч. тр. / Всерос. НИИ селекции и семеноводства овощных культур. – М., 2002. – Вып. 37. – С. 34–38.

8. Государственный реестр сортов [Электронный ресурс]. – 2021. – 268 с. – Режим доступа: https://самохваловичи.бел/reestr_sortov.pdf. – Дата доступа: 17.17.2023 г.

9. Методические указания по селекции луковых культур / И. И. Ершов [и др.]. – М. : Россельхозакадемия, 1997. – 123 с.

Поступила в редакцию 01.12.2023 г.

N. P. KUPREENKO, V. V. KORETSKIY

**RESULTS OF BREEDING WORK WITH SPRING GARLIC
IN BELARUS CONDITIONS**

SUMMARY

Research on the selection of spring garlic was carried out in the direction of creating highly productive varieties with a high content of bioactive substances, good keeping quality and a small number of relatively large cloves in the bulb. According to results of the preliminary variety testing, five samples with selection numbers K17, 5/17, 17/1, 6/8, 8/17 were identified.

As a result of competitive variety testing on the complex of economically valuable traits, the best clone 5/17 has been selected and transferred to the State Variety Testing under the name of Lagodny.

Key words: spring garlic; collection samples; marketability; yield; Belarus.

УДК 635.21:631.524.6:631.527.33

Е. И. Медведева, научный сотрудник

В. А. Козлов, доктор сельскохозяйственных наук, доцент,
заведующий лабораторией генетики картофеля

РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук
Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству»,
аг. Самохваловичи, Минский район

ОЦЕНКА КОМБИНАЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ РОДИТЕЛЬСКИХ ФОРМ КАРТОФЕЛЯ ПО СОДЕРЖАНИЮ КРАХМАЛА

РЕЗЮМЕ

Представлены результаты изучения комбинационной способности родительских форм картофеля по содержанию крахмала методом нерегулярных скрещиваний. Дана оценка гибридным популяциям по содержанию крахмала. Выделены родительские формы с высоким значением общей комбинационной способности, даны рекомендации по их использованию в практической селекции.

Ключевые слова: картофель; гибридная популяция; содержание крахмала; общая комбинационная способность.

ВВЕДЕНИЕ

Наиболее ценным биохимическим компонентом картофеля является крахмал. Являясь сырьем для многих отраслей народного хозяйства, картофельный крахмал также обладает и целебными свойствами. Он снижает уровень холестерина в крови и печени, что указывает на его антисклеротические свойства. Калий, входящий в состав картофельного крахмала, незаменим для больных с почечными заболеваниями. Крахмал картофеля используется и как противовоспалительное средство, что связано с его противовоспалительным и обволакивающим эффектом. Картофельный крахмал способен активизировать синтез витамина В₂, или рибофлавина, который необходим человеку для правильного пищеварения и нормализации обмена веществ.

Выведение сортов с высоким содержанием крахмала всегда являлось приоритетным направлением селекции в Республике Беларусь. Сорт Верба, созданный П. И. Альсмиком, является непревзойденным в мире по содержанию крахмала (29 %). Единственный белорусский сорт Магнат с крахмалистостью до 26 %, районированный в странах Евросоюза для получения крахмала, выведен Г. И. Пискуном (в Беларуси зарегистрирован как сорт Здабытак). Высоким содержанием крахмала (более 20 %) отличаются белорусские сорта Синтез, Выток, Максимум [1, 2].

В селекции на признаки, контролируемые полигенами, в том числе и на высокое содержание крахмала, как правило, используются родительские формы с высоким его проявлением. По содержанию крахмала между родительскими формами и потомством существует высокая положительная корреляция. Однако не все высококрахмалистые гибриды получаются от родителей с высоким или повышенным его содержанием. Так, П. И. Альсмик указывал, что от гибридизации низкокрахмалистого сорта Катахдин получается потомство, не уступающее по содержанию крахмала потомству от высококрахмалистых родителей [3]. Похожие результаты были получены W. Borger

и др. [4] и А. А. Осипчуком [5] при гибридизации родительских форм с невысоким содержанием крахмала. Наиболее эффективное повышение результативности селекции картофеля на высокое содержание и качество крахмала может быть достигнуто посредством целенаправленного подбора родительских пар для гибридизации. Такой подбор возможен только на основе изучения особенностей наследования целевого признака. Наиболее надежным методом подбора родительских пар и оценки качества исходных форм является определение их комбинационной способности (КС). Оценку по данному показателю можно начинать на ранних этапах селекционного процесса, так как КС является наследственным признаком.

Для оценки КС используют несколько методов, таких как свободное опыление, диаллельные скрещивания, поликросс, топкросс, сетевые пробные скрещивания. В то же время биологические особенности культуры картофеля таковы, что использование методов диаллельного анализа и многотестерного топкросса весьма затруднено из-за ограниченной фертильности исходных форм и больших реципрокных различий у потомства. Избежать этих затруднений позволяет метод нерегулярных скрещиваний [6, 7].

В связи с этим целью наших исследований являлось изучение комбинационной способности родительских форм картофеля для создания исходного материала с высоким содержанием крахмала.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Исследования проводились в 2023 г. в РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству».

Материалом для исследований послужила 51 материнская форма и 22 опылителя. В гибридизации использовали иностранные и белорусские сорта, самоопыленные линии, межвидовые и соматические гибриды, созданные в отделе селекции картофеля и лаборатории генетики картофеля. Всего по содержанию крахмала изучены 102 гибридные популяции.

Агрометеорологические условия в период проведения исследований были довольно контрастными. В мае температура воздуха поднялась до 12,1 °С, не превысив среднемноголетнюю (13,4 °С), ощущался серьезный недостаток осадков, всего за месяц выпало 7,0 мм, или на 59,0 мм меньше нормы, что неблагоприятно сказалось на влагообеспеченности почвы. Засушливая погода сохранялась и в июне: всего за месяц выпало 45,0 мм, что на 34,0 мм ниже климатической нормы. Среднесуточная температура воздуха поднялась до 17,9 °С, превысив среднемноголетнюю на 0,8 °С. В июле было несколько прохладнее нормы: среднесуточная температура воздуха составила 18,3 °С, что на 0,8 °С ниже среднемноголетней, а количество осадков увеличивалось и превысило среднемноголетнее значение. Всего за июль выпало 149 мм осадков, или на 52,0 мм больше нормы. Август был довольно сухим и жарким, среднесуточная температура воздуха была выше среднемноголетней на 2,2 °С и составила 20,4 °С. Количество выпавших осадков (71,0 мм) превысило норму на 15,0 мм, всего выпало 86,0 мм. Сентябрь был теплым и сухим: всего выпало 29,0 мм осадков при норме 51,0 мм, среднесуточная температура воздуха составила 15,4 °С, что на 2,7 °С выше среднемноголетней.

Клубни были высажены в питомнике первого клубневого поколения отдельными деланками в пределах каждой семьи в 4-кратной повторности. Уборку проводили вручную покусно. Содержание крахмала определяли отдельно для каждого растения. Математическую обработку полученных данных проводили по методу Г. К. Дремлюка [7].

**РАЗДЕЛ 1. СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО
КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР**

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В результате проведенных исследований из 102 изученных комбинаций выделено 29 с относительно высокой и высокой крахмалистостью (табл. 1).

В выделившихся гибридных популяциях у 25 отмечено превышение содержания крахмала над родительскими формами. Среди изученных комбинаций скрещиваний высоким проявлением признака характеризовались популяции 220.97К, 220.118К, 115-21, 220.4К, 114-21, 24-22, 116-21, 37-22 со среднепопуляционной крахмалистостью от 20,1 (популяции 220.97К и 220.118К) до 19,0 в популяции 37-22. Причем в популяциях 220.118К, 115-21, 116-21, 19-22, 220.93К, 20-22 материнские формы имели среднюю крахмалистость: от 14,9 % в популяции 115-21 до 16,5 % в популяции 220.93К. Средней крахмалистостью отцовских форм характеризовались популяции 6-22 и 13-22, соответственно 14,8 и 15,4 %.

В гибридных популяциях 287-20, 27-22, 28-22, 35-22 средней крахмалистостью характеризовались как материнские, так и отцовские формы.

Таблица 1 – Анализ лучших гибридных популяций картофеля, выделившихся по содержанию крахмала

Гибридная популяция	Происхождение		Содержание крахмала, %			\bar{X} популяции
	Материнская форма	Опылитель	♀	♂	\bar{X} ♀♂	
220.97К	Здабытак	Зарево	17,9	19,3	18,6	20,1
220.118К	13/38-19	13/80-5	18,4	13,9	16,2	20,1
115-21	26-11-10	Лазарь	14,6	19,3	17,0	20,0
220.4К	0215.220-19	Лазарь	17,0	19,3	19,3	19,9
114-21	209-08-7	Лазарь	17,0	19,3	18,2	19,7
24-22	72-16-12	133-08-1л2	16,7	17,2	17,0	19,5
116-21	14-07-7	Лазарь	15,4	19,3	17,4	19,3
37-22	201114-8	Максимум	18,2	18,6	18,4	19,0
6-22	201114-8	61-16-5	18,2	14,8	16,5	18,9
220.89К	0215.220-19	Зарево	17,2	19,3	18,2	18,8
220.9К	215.235-5	Зарево	16,8	19,3	18,1	18,8
19-22	63-17-1	Зарево	15,7	19,3	17,5	18,8
22-22	72-16-9	Зарево	16,7	19,3	18,0	18,8
13-22	201114-8	Зарево	18,2	15,4	16,8	18,8
220.93К	16/38-16	Зарево	16,5	19,3	16,6	18,7
20-22	134-10-5л4	Зарево	15,4	19,3	17,4	18,6
23-22	72-16-12	Зарево	15,9	19,3	17,6	18,6
26-22	72-16-12	Максимум	16,7	18,6	17,7	18,5
113-21	52-10-10	Лазарь	18,8	19,3	19,1	18,5
35-22	16П15-5	61-16-5	15,4	15,4	15,4	18,5
220.154К	0216.38-11	61-16-5	18,8	14,8	16,8	18,5
245-20	52-10-5	Зарево	20,8	19,3	20,1	18,4
221.144К	01501-6	Лазарь	16,8	19,3	18,1	18,3
220.85К	215.230-12	Зарево	16,9	19,3	18,1	18,3
28-22	133-08-1л2	Крок	17,2	16,1	16,7	18,2
221.165К	Сигнум	Зарево	18,3	19,3	18,8	18,1
27-22	72-16-12	Крок	16,7	16,1	16,4	18,0
Т31-22	01501-6	Зарево	16,8	19,3	18,1	18,0
287-20	166-13-7	201.161-11	16,1	16,6	16,4	17,9

**РАЗДЕЛ 1. СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО
КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР**

Полученные результаты показывают, что подбор родительских форм в селекции на повышенное и высокое содержание крахмала по фенотипу не всегда эффективен. Необходимо изучать их КС, а также выявлять маркеры, отвечающие за синтез крахмала в клубнях картофеля.

По результатам выполненного дисперсионного анализа КС была установлена высокая значимость ($P < 0,01$) генотипических различий по общей комбинационной способности (ОКС) материнских форм и опылителей, что позволило перейти к вычислению эффектов ОКС (табл. 2).

В таблицах 3, 4 представлена характеристика родительских форм по КС.

Таблица 2 – Дисперсионный анализ комбинационной способности исходных родительских форм картофеля

Источник вариации	C	df	MS	F-критерий
ОКС ♀	112,0	50	2,240	2,23*
ОКС ♂	78,7	21	3,748	3,73*
СКС	34,5	30,0	1,149	1,14*
Случайные отклонения	304,2	303	1,004	

Примечание. C – сумма квадратов, df – число степеней свободы, MS – средние квадраты.

* Влияние фактора достоверно на 1 %-м уровне значимости.

Таблица 3 – Характеристика материнских форм по комбинационной способности

Материнская форма	ОКС	Материнская форма	ОКС
01501-6	-0,467	215.51-1	-0,724
0215.220-19	0,852	26-11-10	0,576
0215.40-6	0,054	46-13-1	0,512
0215.42-3	0,212	50-16-10	-0,414
0215.51-3	-1,978	52-10-10	-0,414
0216.38-11	1,009	52-10-5	0,895
0216.40-4	-1,605	61-16-5	0,386
109-09-1л2	-0,114	63-17-1	1,295
123/40-9	-0,105	72-16-12	0,000
13/38-19	4,812	72-16-9	1,295
13/8-1	-0,633	Альбатрос	0,867
133-08-1л2	-0,573	Здабыгак	2,595
134-10-5л4	0,640	Крок	-1,400
14-07-7	0,809	Лазарь	0,511
166-13-7	0,315	Пассаг	-0,094
16П15-5	-0,019	Сигнум	0,595
201.161-11	0,070	Спакуса	-1,593
201114-8	0,323	Тукал	-0,025
204.11-28	-1,283	18-06-2	-1,146
209.23-27	-0,396	16/38-16	0,598
214.32-12-6	-0,314	215.51-11	-2,246
214.32-16-6	-0,725	209-08-7	0,786
215.221-1	-0,263	215.110-3	-1,267
215.230-12	-0,056	215.240-8	-3,305
215.235-5	1,295	215.274-20	1,013
215.277-11	1,012		
НСР _{0,05}		1,375	

**РАЗДЕЛ 1. СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО
КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР**

Таблица 4 – Характеристика отцовских форм по комбинационной способности

Отцовские формы	ОКС
Тукан	-0,245
Максимум	0,471
Крок	0,567
Лазарь	1,330
Зарево	0,453
134-10-5л4	-0,449
109-09-1л2	-0,108
133-08-1л2	1,367
61-16-5	0,554
45кcu12-2	0,285
01501-6	0,565
13/80-5	-0,980
215.110-3	-0,976
215.45-14	-0,504
201.161-11	1,767
0213.230-5	-0,565
72-16-12	-0,911
215.230-19	-0,411
11/89-9	-0,275
50-16-10	-0,140
24ya14-14	0,100
215.45-11	-2,500
НСР _{0,05}	0,891

Анализ КС показал, что наиболее ценными материнскими формами по передаче потомству признака «содержание крахмала» являются гибрид 13/38-19 и сорт Здабытак, ОКС которых составила 2,595 и 4,812 соответственно при НСР_{0,05}, равной 1,375. Низкое значение ОКС имели гибриды 0215.51-3 (-1,978), 0216.40-4 (-1,605), 215.240-8 (-3,305), 215.51-11 (-2,245) и сорт Спакуса (-1,593). У гибридов 215.235-5, 63-17-1, 72-16-9 выявлена недостоверно положительная ОКС, которая указывает на то, что данные образцы могут использоваться в селекции на изучаемый признак при соответствующем подборе опылителей.

Лучшими отцовскими формами являются сорт Лазарь, гибрид 201.161-11 и самоопыленная линия 133-08-1л2, ОКС которых составила 1,330, 1,767 и 1,367 соответственно при НСР_{0,05} 0,891. С низким эффектом ОКС выделены гибриды 13/80-5 (-0,980), 215.110-3 (-0,976), 72-16-12 (-0,911), 215.45-11 (-2,500). Сорта Максимум, Крок, Зарево, гибриды 134-10-5л4, 109-09-1л2, 133-08-1л2, 61-16-5, 01501-6 с недостоверно

положительным эффектом ОКС также рекомендуется использовать в гибридизации при надлежащем подборе второго компонента скрещивания.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные результаты еще раз подтверждают, что подбор родительских форм по фенотипу в селекции на высокое содержание крахмала не всегда эффективен. Необходимо изучать их КС, а также выявлять маркеры, отвечающие за синтез крахмала в клубнях картофеля.

Оценка изученных гибридных комбинаций по ОКС показала, что наиболее ценными материнскими формами по передаче потомству признака содержания крахмала являются гибрид 13/38-19 и сорт Здабытак. Лучшими опылителями являются сорт Лазарь, гибрид 201.161-11 и самоопыленная линия 133-08-1л2.

Сортообразцы 215.235-5, 63-17-1, 72-16-9 с недостоверно положительной ОКС при их использовании в качестве материнских форм и сорта Максимум, Крок, Зарево, гибриды 134-10-5л4, 109-09-1л2, 133-08-1л2, 61-16-5, 01501-6 с недостоверно положительным эффектом ОКС при использовании в качестве отцовских форм также рекомендуется включать в гибридизацию для создания высококрахмалистых сортов и гибридов при соответствующем подборе второго компонента скрещивания.

Список литературы

1. Колядко, И. И. Основные направления и стратегия развития селекции в Беларуси / И. И. Колядко // *Вопр. картофелеводства. Актуальные проблемы науки и практики* : науч. тр. / ВНИИ картофельного хоз-ва. – М., 2006. – С. 327–332.

2. Турко, С. А. Состояние и перспективы развития картофелеводства в Республике Беларусь / С. А. Турко, И. И. Колядко, В. Л. Маханько // Картофелеводство : сб. науч. тр. / Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству ; редкол.: С. А. Турко (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2010. – Т. 17. – С. 6–14.

3. Альсмик, П. И. Селекция картофеля в Белоруссии / П. И. Альсмик. – Минск : Ураджай, 1979. – 127 с.

4. Untersuchungen über die Ursachen der Leistung vor Kulturpflanzen. Das Verhalten der Komponenten des Starkehrtrage vom Kartoffeln / H. Borger [und and.] // Zuchter. – 1956. – Bd. 26. – S. 273–278.

5. Осипчук, А. А. Селекція картоплі на крахмалістість / А. А. Осипчук // Картоплярство. – 1982. – Вип. 13. – С. 31–33.

6. Калинин, А. В. Использование схем нерегулярных скрещиваний для оценки комбинационной способности сортов / А. В. Калинин // Селекция и семеноводство картофеля. – М., 1981. – Вып. 38. – С. 31–34.

7. Дремлюк, Г. К. Метод оценки комбинационной способности при нерегулярных скрещиваниях / Г. К. Дремлюк // Докл. ВАСХНИЛ. – 1976. – № 1. – С. 10–12.

Поступила в редакцию 05.12.2023 г.

E. I. MEDVEDEVA, V. A. KOZLOV

ASSESSMENT OF THE COMBINING ABILITY OF PARENTAL POTATO FORMS BY STARCH CONTENT

SUMMARY

The results of a study of the combining ability of parental potato forms in terms of starch content using the method of irregular crossings are presented. An assessment of hybrid populations based on starch content is given. The parental forms with a high value of general combining ability are identified, and recommendations are given for their use in practical breeding.

Key words: potato; hybrid population; starch content; general combining ability.

УДК 635.64:631.527:631.523.4

Л. А. Мишин, кандидат биологических наук,
заведующий лабораторией пасленовых культур

РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук
Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству»,
аг. Самохваловичи, Минский район

СОЗДАНИЕ ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА ТОМАТА И ГИБРИДОВ F_1 С ПЛОДАМИ СЛИВОВИДНОЙ ФОРМЫ ДЛЯ БЕЛАРУСИ

РЕЗЮМЕ

*Созданы линии томата с плодами сливовидной формы для открытого грунта и для теплиц. Выполнен генетический анализ количественных признаков у созданных линий томата. Выделены генетические источники по ряду признаков: скороспелости, крупных плодов, общей урожайности. Созданы линии с высокой комбинационной способностью, дающие высокий эффект гетерозиса, а также линии и гибриды F_1 с устойчивостью к кладоспориозу *Cladosporium fulvum*.*

Ключевые слова: томат; линии; гибриды; гетерозис; комбинационная способность.

ВВЕДЕНИЕ

Томаты (*Solanum lycopersicum* L.) являются одной из наиболее популярных овощных культур в развитых странах мира. Это связано с привлекательным товарным видом плодов, с яркой разнообразной их окраской и формой, высокими вкусовыми и питательными свойствами не только свежей продукции, но продуктов ее переработки (соки, пасты, кетчупы и т. д.) [1–3]. Исходя из данных ежегодных продаж семян в Беларуси, томаты возделывают на площади 3 000 га, реализуется 0,6 т семян. В связи с этим основной целью селекционеров РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству» является создание высокопродуктивных сортов, гибридов и обеспечение сельского хозяйства оригинальными семенами (суперэлита, элита) высокого качества. За предыдущие годы нами было создано и внесено в Государственный реестр сортов Республики Беларусь 18 сортов и 7 гибридов томата.

К настоящему времени в республике возникла необходимость создания группы сортов и гибридов томата с плодами сливовидной (яйцевидной) формы для открытого грунта и пленочных теплиц. Британская ассоциация растениеводов характеризует сливовидные томаты как «имеющие меньшее содержание воды, с плотной структурой». Отмечаются хорошие вкусовые качества таких томатов, высокое содержание сухих веществ, высокая устойчивость к вершинной гнили плодов [3, 4]. Первоначально сорта сливовидных томатов создавали для открытого грунта в странах с теплым климатом. Но в дальнейшем, по мере развития селекционно-генетических исследований, создания более скороспелых форм, их распространение стало продвигаться на север. В настоящее время в каталогах ведущих селекционно-семеноводческих фирм присутствуют сорта и гибриды сливовидных томатов не только для открытого грунта, но и для пленочных, и для зимних теплиц [5–8].

В открытом грунте в сельскохозяйственных организациях и в фермерских хозяйствах республики томаты возделывают на площади 70–100 га. Однако для промышленной переработки требуется 1 580 т томатов, то есть их следует дополнительно выращивать на площади около 60 га. Для этих целей необходимо создание детерминантных сортов и гибридов, пригодных к промышленной переработке, и обычно это сорта с плотной сливовидной формой плодов без темного пятна у плодоножки. Для цельноплодного консервирования требуются сорта с плодами небольшой массы – 30–60 г. В пленочных теплицах промышленного типа и в приусадебных хозяйствах наиболее популярны гибриды со сливовидными плодами более крупной массы – 90–120 г [5–8]. Именно поэтому было решено интенсифицировать исследования в этом направлении.

В последние десятилетия наиболее перспективными в пленочных теплицах считаются сорта и гибриды полудетерминантного типа. Они на 20–50 % более урожайны, чем детерминантные формы, по продолжительности вегетации и качеству плодов приближаются к индетерминантным формам, но превосходят их по скороспелости [1, 9, 10].

Практически во всех развитых странах мира в каталогах сортов томата преобладают гибриды F_1 [5–8]. Их преимущество основано на явлении гетерозиса, который позволяет получать формы на 20–50 % более продуктивные, чем родительские сорта и линии. Кроме того, в гибридах удачно сочетается скороспелость, устойчивость и вкусовые качества, получаемые ими от двух родительских форм [3, 4, 11]. У томатов со сливовидными плодами гибриды F_1 обладают большей устойчивостью к вершинной гнили плодов, чем сорта с плодами округлой формы [11, 12].

В предыдущие годы в лаборатории пасленовых культур и лаборатории иммунитета были выполнены исследования методом иммуноферментной диагностики 8 вирусов (ИФА) [13]. Наибольшее распространение среди 390 коллекционных образцов томата и среди растений в ряде питомников размножения получили вирус табачной мозаики TMV, вирус огуречной мозаики CMV, вирус пятнистого увядания TSWV. Недобор урожая из-за пораженности вирусами растений томата может достигать от 20 до 80 % [14, 15]. Актуальным для пленочных теплиц остается создание линий и гибридов томата, устойчивых к местным расам кладоспориоза (*Cladosporium fulvum*) [1, 9, 10].

Ранее в лаборатории пасленовых культур были выделены наиболее приспособленные к почвенно-климатическим условиям Беларуси сорта и гибриды детерминантного и полудетерминантного типа с плодами сливовидной формы, а затем выполнена их гибридизация. На их основе было создано 38 линий F_5 – F_8 детерминантного и полудетерминантного типа.

Далее были продолжены исследования по повышению уровня гомозиготности линий, отбору лучших форм по комплексу хозяйственно ценных и селекционных признаков (скороспелость, урожайность, выравненность плодов на растении, равномерность окрашивания зрелых плодов, устойчивость к перепадам температуры и способность формировать плоды без пятен, вкусовые качества плодов и др.). Подобраны лучшие родительские пары и выполнена гибридизация для создания гетерозисных гибридов F_1 , в том числе на основе линий, контрастных по ряду селекционных признаков [10, 12].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Объектами исследований были образцы томата (сорта, линии, гибриды F_1) для пленочных теплиц и открытого грунта.

Научно-исследовательскую работу и статистическую обработку полученных данных проводили с использованием общепринятых методик и методических указаний [16–19]. Основные методы селекционной работы: гибридизация, инцухт,

индивидуальный, семейственный и массовый отборы на естественном и искусственном инфекционном фоне.

Во время вегетационного периода проводили необходимые фенологические наблюдения, выполняли учеты степени поражения растений различными заболеваниями, визуальную оценку общего состояния растений в баллах и др. Описание растений проводили по ряду признаков: тип, высота куста; облиственность; тип, размер и цвет листа; тип, структура и величина соцветия; величина, окраска и тип стерильности цветка; форма, размер, поверхность и растрескиваемость плода; окраска незрелого, в фазе технической спелости и зрелого плода; тип сочленения и др.

Исследования выполняли на базе РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству»: в пленочных теплицах на площади 500 м², в боксе для выращивания сеянцев – 70 м², в рассадной теплице – 500 м², на участке открытого грунта – 0,03 га. Сортоиспытание проводили в 3-кратной повторности на делянках по 10 м². В качестве контроля использовался районированный сорт Доходный.

При проведении опытов в теплицах осуществлялись необходимые агротехнические мероприятия: поливы и подкормки растений, их защита от вредителей и заболеваний, прополки, рыхление почвы, формирование и подвязка растений и т. д. На постоянное место высаживали стандартную горшечную рассаду 55–60-дневного возраста 14–19 мая. Высадку растений проводили по схеме (60+90)/2×40 см. Сбор плодов и учет урожайности с индивидуальных растений выполняли поэтапно, по мере созревания плодов (8–9 раз за сезон). Последний сбор урожая – 10–20 сентября. Семена линий и гибридов получали вручную методом сбраживания.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования по созданию линий томата с плодами сливовидной формы начали в 1995 г. Основным этапом любого селекционного процесса является многосторонняя оценка существующего генофонда, выделение источников хозяйственно ценных признаков, создание нового исходного материала, приспособленного к условиям Беларуси. Поэтому ежегодно пополняли генофонд томата как за счет новых сортов и гибридов из-за рубежа, так и за счет создания местных линий после проведенной гибридизации. На основе проведенных исследований были выделены 13 наиболее продуктивных линий томата с плодами сливовидной формы, была выполнена их гибридизация по топкроссной схеме 10×3.

Испытания гибридов и их родительских форм провели в теплице в 2005 г. Анализ полученных данных позволил оценить важность генов, ответственных за проявление основных компонентов раннего и общего урожая, и наметить наиболее эффективные пути использования конкретных линий в гетерозисной селекции [20]. В частности, у данных линий по средней массе плода различия были обусловлены общей комбинационной способностью (ОКС) материнских линий и тестеров. По массе и количеству плодов с растения в общем урожае генотипические различия обусловлены ОКС тестеров, а в раннем сборе – специфической комбинационной способностью (СКС). Что касается признаков массы и количества плодов с растения, то здесь отмечено преобладание неаддитивного действия генов как в раннем урожае, так и в общем. В наследовании признаков «масса и количество плодов с растения» наряду с аддитивными эффектами генов присутствовало сверхдоминирование, а у большинства гибридов по этим признакам наблюдался достоверный гетерозис, который колебался от 12 до 56 %.

**РАЗДЕЛ 1. СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО
КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР**

Для создания гетерозисных гибридов были выделены линии с наиболее высокими ОКС по ряду признаков – L 6068, L 6465, L 3903, а также линии с наиболее высокими вариансами СКС – L 3903, L 6068 [20].

В последующие годы исследования по данному направлению были продолжены. На их основе в 2021–2023 гг. было проведено изучение в селекционном питомнике 38 линий и 5 лучших гибридов F₁ – в питомнике предварительного и конкурсного сортоиспытания (КСИ).

Результаты учетов у изучаемых образцов томата по компонентам раннего урожая приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты учетов у изучаемых образцов томата в пленочной теплице в 2023 г. по компонентам раннего урожая

Гибрид, образец	Количество плодов, шт.	Средняя масса плода, г	Ранняя урожайность, кг/м ²
Питомник конкурсного сортоиспытания			
Доходный – контроль	7,5	79	3,11
(Кубок М×Гум×4 п/д)×(Новичок×Дусет)	8,0	82	3,12
(Раиса×Диво Н)×Ирма	8,7	55	2,29
Konsul×Ирма	9,0	53	2,41
(Гум×4 п/д)×Ирма	10,0	58	2,41
(Кубок М×(Гум×4 п/д)×Ирма	10,0	66	3,19
НСР (0,95)	4,1	19,1	0,65
Селекционный питомник			
Банан красный	22,5	61	4,81
Пожар×Приморец	7,0	57	1,95
Комато×(Бония×Мо 948)	1,5	107	0,79
Сливка крупная	1,0	143	0,71
Слива	5,5	148	4,05
Bersola	3,0	67	0,61
Combate 08	13,5	64	4,35
Ляна	4,5	59	1,33
Мелкие 13 Крым 43	4,0	85	1,76
(Новичок×Дусет 18)×Гуриновский Л 55	5,0	89	2,22
(Новичок×Дусет 18)×Гуриновский Л 75	0,5	111	0,55
Бобкат	3,0	204	2,78
Розовый Самохваловичи М	1,0	108	0,54
Де Барао 16	3,0	98	1,70
Оригин Канадский	0	0	0
Оранжевые удлинен М	2,5	97	1,25
Фанто	6,5	97	3,16
Иман	1,5	161	1,17
Кашрут	5,5	101	2,62
Стандарт М	24,0	37	4,49
Малая сливка	2,0	118	1,18
Сливка высокая	4,5	104	2,24
Сливка низкая	18,5	32	2,97
Сливка высокая ЖК	2,0	88	0,88
Сливка 4458	0,5	107	0,53
Роминдо 22	2,0	94	0,93
Треугольный	22,5	61	4,81

**РАЗДЕЛ 1. СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО
КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР**

Анализ полученных данных показал, что в селекционном питомнике у образцов томата наблюдались значительные различия по количеству созревших плодов на растении (в раннем урожае) – колебания составили от 0 до 24 шт. По средней массе плода колебания между линиями тоже были большими – от 32 до 204 г. В селекционном питомнике выделены 5 образцов; у которых ранняя урожайность была более 4 кг/м².

В КСИ ранняя урожайность двух гибридов была на уровне стандарта (сорт Доходный): (Кубок М×(Гум×4 п/д))×(Новичок×Дусет); (Кубок М×(Гум×4 п/д))×Ирма).

Результаты ряда данных по компонентам общего урожая приведены в таблице 2. В КСИ все 5 гибридов томата превосходили по урожайности стандарт более чем на 1 кг/м². Два наиболее урожайных гибрида имели плоды массой 60–80 г.

Таблица 2 – Результаты учетов у изучаемых образцов томата в пленочной теплице в 2023 г. по компонентам общего урожая

Гибрид, образец	Количество плодов, шт.	Средняя масса плода, г	Общая урожайность, кг/м ²
Питомник конкурсного сортоиспытания			
Доходный – контроль	63	75	6,5
(Кубок М×(Гум×4 п/д))×(Новичок×Дусет)	67	82	16,8
(Раиса×Диво Н)×Ирма	70	48	10,0
Konsul×Ирма	66	48	9,9
(Гум×4 п/д)×Ирма	62	50	9,2
(Кубок М×(Гум×4 п/д))×Ирма	90	60	16,0
НСР (0,95)	8,9	20,3	1,05
Селекционный питомник			
Банан красный	53	61	11,1
Пожар×Приморец	55	58	11,2
Комато×(Бония×Мо 948)	38	43	5,6
Сливка крупная	47	73	11,8
Слива	18	131	8,1
Versola	21	119	8,6
Combate 08	71	41	10,3
Ляна	29	53	5,4
Мелкие 13 Крым 43	50	62	10,7
(Новичок×Дусет 18)×Гуриновский Л 55	41	70	9,8
(Новичок×Дусет 18)×Гуриновский Л 75	42	79	11,6
Бобкат	13	147	6,6
Розовый Самохваловичи М	13	122	7,4
Де Барао 16	20	113	7,9
Оригин Канадский	21	93	6,7
Оранжевые удлинен М	12	156	6,3
Фанто	27	80	7,0
Иман	20	85	5,8
Кашрут	19	118	7,6
Стандарт М	34	85	10,0
Малая сливка	81	31	8,7
Сливка высокая	35	84	10,3
Сливка низкая	27	70	6,5
Сливка высокая ЖК	71	27	6,6
Сливка 4458	36	82	10,0
Роминдо 22	57	62	11,7
Треугольный	26	94	8,5

**РАЗДЕЛ 1. СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО
КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР**

На искусственном инфекционном фоне 3 гибрида были устойчивы к кладоспориозу, а стандарт (Доходный) имел сильное поражение – 6 баллов (табл. 3).

В селекционном питомнике были выделены линии с наибольшим количеством плодов на растении – Combate 08, Малая сливка, Сливка высокая ЖК. Наиболее крупные плоды (более 120 г) были у линий Слива, Бобкат, Розовый Самохваловичи М. Были выделены линии с урожайностью более 10 кг/м² – Банан красный, Пожар×Приморец, Сливка крупная, Combate 08, (Новичок×Дусет 18)×Гуриновский Л 75.

На искусственном инфекционном фоне 14 сентября была выполнена оценка образцов по устойчивости к кладоспориозу. Выделены линии, которые не поражались кладоспориозом (балл поражения 0) – Комато×(Бония×Мо 948), Combate 08, (Новичок×Дусет 18)×Гуриновский Л 55, (Новичок×Дусет 18)×Гуриновский Л 75, Оранжевые удлинен М, Фанто, Иман (табл. 3).

Таблица 3 – Результаты оценки устойчивости образцов томата к кладоспориозу на искусственном инфекционном фоне в 2023 г.

Гибрид, образец	Балл поражения
Питомник конкурсного сортоиспытания	
Доходный – контроль	5–6
(Кубок М×(Гум×4 п/д)×(Новичок×Дусет))	0
(Раиса×Диво Н)×Ирма	0
Konsul×Ирма	3–5
(Гум×4 п/д)×Ирма	3–5
(Кубок М×(Гум×4 п/д)×Ирма)	0
Селекционный питомник	
Банан красный	7
Пожар×Приморец	7
Комато×(Бония×Мо 948)	0
Сливка крупная	7
Слива	1
Bersola	0–1
Combate 08	0
Ляна	6
Мелкие 13 Крым 43	5
(Новичок×Дусет 18)×Гуриновский Л 55	0
(Новичок×Дусет 18)×Гуриновский Л 75	0
Бобкат	1
Розовый Самохваловичи М	0–1
Де Барао 16	1–4
Оригин Канадский	0–1
Оранжевые удлинен М	0
Фанто	0
Иман	0
Кашрут	3
Стандарт М	1–3
Малая сливка	1–5
Сливка высокая	0–1
Сливка низкая	1
Сливка высокая ЖК	0
Сливка 4458	0
Роминдо 22	0
Треугольный	0

**РАЗДЕЛ 1. СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО
КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР**

Кроме того, были созданы наиболее скороспелые линии томата, созревающие 7–10 июля: Bersola, Пожар×Приморец, Ляна, Малая сливка, Сливка высокая.

По результатам исследований удалось создать ряд константных линий со сливовидными плодами: полудетерминантного типа – Комато×(Бония×Мо 948), (Новичок×Дусет 18)×Гуриновский Л 55, Бобкат, Оригин Канадский, Сливка высокая.

На основе анализа данных, полученных в КСИ за два года, нами был выделен перспективный гибрид под названием Сливка К ((Кубок М×(Гум×4 п/д)×(Новичок×Дусет)) (табл. 4). Новый гибрид по урожайности в пленочных теплицах превосходил стандарт в два раза, а по ранней урожайности – на 1,3 кг/м². В открытом грунте урожайность гибрида составила 46,1 т/га, а у стандарта – 42 т/га. По комплексу ценных признаков гибрид передан в ГСИ.

Таблица 4 – Результаты учетов у изучаемых образцов томата в КСИ в пленочной теплице в 2022–2023 гг.

Гибрид	Ранняя урожайность, кг/м ²			Общая урожайность, кг/м ²		
	2022 г.	2023 г.	средняя	2022 г.	2023 г.	средняя
Доходный – стандарт	5,1	3,1	4,1	8,3	6,5	7,4
(Кубок М×(Гум×4 п/д) × (Новичок×Дусет)	7,8	3,1	5,4	15,5	16,8	16,2
(Раиса×Диво Н)×Ирма	5,7	2,3	4,0	13,4	10,0	11,7
Konsul×Ирма	3,5	2,4	3,0	12,9	9,9	11,4
(Кубок М×(Гум×4 п/д)×Ирма	4,3	3,2	3,8	11,7	16,0	13,9
НСР (0,95)	0,67	0,65	–	0,78	1,05	–

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований были созданы линии томата с плодами сливовидной формы для открытого грунта и для теплиц. Был выполнен генетический анализ количественных признаков у созданных линий томата. Выделены генетические источники по ряду признаков: скороспелости, крупноплодности, урожайности. Созданы линии с высокой комбинационной способностью, дающие высокий эффект гетерозиса. Созданы линии и гибриды F₁ с устойчивостью к местным расам кладоспориоза *Cladosporium fulvum*. По комплексу ценных признаков гибрид томата с плодами сливовидной формы передан в ГСИ.

Список литературы

- Игнатова, С. И. Новые направления и гибриды томата СС Агрофирма «Ильинична» и ВНИИ овощеводства / С. И. Игнатова, В. И. Леунов // Теплицы России. – 2016. – № 1. – С. 31–35.
- Брюзгина, В. В. Результаты научно-исследовательской работы по селекции томата за 2012–2014 годы / В. В. Брюзгина, Э. А. Нурбаева // Научное обеспечение картофелеводства, овощеводства : сб. науч. тр. – Алматы : Каз. НИИО, 2015. – С. 139–144.
- Изучение экологической стабильности и адаптивной способности гетерозисных гибридов томата с повышенной лежкостью в защищенном грунте / А. В. Кильчевский [и др.] // Вестн. БГСХА. – 2015. – № 2. – С. 45–49.
- Коломин, Н. И. Сливовидные томаты / Н. И. Коломин // Вестн. овощевода. – 2020. – № 2. – С. 4–5.
- Каталог семян овощных культур // Syngenta. – Минск : Полиграфт, 2019. – 132 с.
- Каталог семян овощных культур // Гавриш. – Минск : УП Новик, 2011. – 71 с.

7. Каталог семян овощных культур // Вежо Zaden B.V. – Минск, 2016. – 39 с.
8. Семена овощных культур: каталог // Агриматко-96. – Минск, 2014. – 30 с.
9. Селекция томата для пленочных теплиц: состояние и перспективы / В. В. Огнев [и др.] // Картофель и овощи. – 2015. – № 11. – С. 36–38.
10. Проявление полудетерминантного типа роста у гибридов томата / К. Г. Прохорова [и др.] // Картофель и овощи. – 2015. – № 1. – С. 33–36.
11. Нурматов, Н. Ж. Использование гетерозиса в селекции томата на скороспелость / Н. Ж. Нурматов, Э. А. Жумаев // Овощи России. – 2018. – № 4. – С. 36–38.
12. Кондратьева, И. Ю. Перспективы и результаты селекции томата для открытого грунта в северных широтах / И. Ю. Кондратьева, В. К. Гинс // Селекция и семеноводство овощных культур : сб. науч. тр. – М. : ВНИССОК, 2015. – Вып. 46 – С. 275–282.
13. Вирусные патогены томата и огурца защищенного грунта / В. Л. Налобова [и др.] // Современное состояние и перспективы инновационного развития овощеводства : материалы Междунар. науч.-практ. конф., аг. Самохваловичи, 21–24 июля 2015 г. / редкол.: А. И. Чайковский [и др.]. – Самохваловичи, 2015. – С. 48–49.
14. Пересыпкин, В. Ф. Сельскохозяйственная фитопатология : учеб. пособие / В. Ф. Пересыпкин. – М. : Агропромиздат, 1989. – 480 с.
15. Сорока, С. В. Вирусы и вирусные болезни сельскохозяйственных культур / С. В. Сорока, Ж. В. Блоцкая, В. В. Вабищевич. – Несвиж : Несвиж. укруп. типография, 2009. – 128 с.
16. Методические указания по селекции сортов и гетерозисных гибридов овощных культур / под ред. Д. Д. Брежнева. – Ленинград : ВИР, 1976. – 213 с.
17. Методические указания по селекции сортов и гибридов томата открытого и защищенного грунта / сост. А. С. Алпатьева [и др.]. – М. : [б. и.], 1986. – 113 с.
18. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – 5 изд., доп. и перераб. – М. : Агропромиздат, 1985. – 351 с.
19. Рокицкий, П. Ф. Биологическая статистика / П. Ф. Рокицкий. – Минск : Вышэйш. шк., 1967. – 328 с.
20. Генетика наследования компонентов продуктивности и гетерозис сливовидных томатов в условиях Беларуси / Л. А. Мишин [и др.] // Овощеводство : сб. науч. тр. / Науч.-практ. центр НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству, Ин-т овощеводства. – Минск, 2008. – Т. 13. – С. 153–160.

Поступила в редакцию 16.11.2023 г.

L. A. MISHYN

CREATION OF THE PARENT MATERIAL OF TOMATO AND F_1 HYBRIDS WITH PLUM-SHAPED FRUITS FOR BELARUS

SUMMARY

*Tomato lines with plum-shaped fruits have been created for open ground and for greenhouses. A genetic analysis of quantitative features in the created tomato lines was carried out. Genetic sources have been identified by a number of signs: maturing rate, large fruits, total yield. Lines with high combining ability have been created, giving a great heterosis effect, as well as lines and F_1 hybrids with resistance to *Cladosporium fulvum*.*

Key words: tomato; lines; hybrids; heterosis; combining ability.

УДК 635.153:631.532.2.026

В. В. Опимах¹, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,
заведующий сектором столовых корнеплодов

Э. П. Урбан², член-корреспондент НАН Беларуси, доктор
сельскохозяйственных наук, профессор, первый заместитель
генерального директора по научной работе

¹ РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук
Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству»,
аг. Самохваловичи, Минский район

² РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук
Беларуси по земледелию», г. Жодино

ВЛИЯНИЕ АГРОПРИЕМОВ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ДАЙКОНА НА УРОЖАЙНОСТЬ, СОХРАННОСТЬ МАТОЧНЫХ КОРНЕПЛОДОВ И ПОСЕВНЫЕ КАЧЕСТВА СЕМЯН

РЕЗЮМЕ

Представлены результаты исследования влияния агроприемов возделывания дайкона на сохранность маточных корнеплодов при длительном хранении и посевные качества семян.

Сохранность маточных корнеплодов дайкона исследуемых образцов в вариантах с некорневой подкормкой была выше на 3,7–11,8 %. Некорневые подкормки повышают семенную продуктивность на 1,0–15,9 %, всхожесть семян на 0,5–2,4 %.

Ключевые слова: дайкон; агроприем; срок посева; норма высева; лежкость; сохранность; маточные корнеплоды; всхожесть; энергия прорастания; урожайность; товарность.

ВВЕДЕНИЕ

Дайкон (*Raphanus sativus L. ssp. acanthiformis (Morel) Stankev.*) благодаря вкусовым качествам и лечебным свойствам занимает особое место среди огромного разнообразия овощных культур, однако в Беларуси он еще малоизучен. Площадь возделывания в различных категориях хозяйств незначительна, но с каждым годом интерес к культуре повышается.

Лежкость корнеплодов зависит от климатических условий, сорта, агротехники, сроков посева, удобрений, гербицидов, повреждения вредителями и болезнями, срока уборки, качества и подготовки корнеплодов к хранению. Хранение корнеплодов дайкона имеет свои особенности. Они содержат около 90 % воды, а иногда и более. При этом большая часть воды находится в свободной подвижной форме. Основным процессом, протекающим в корнеплодах при хранении, является дыхание. В процессе дыхания выделяется энергия, необходимая для гидролиза и передвижения веществ, проходят защитные реакции по заживлению ран. Во время хранения снижается сопротивляемость корнеплодов патогенным микроорганизмам, увеличивается поражение гнилями. Оптимальной температурой для хранения культуры большинство авторов называют 0...+5 °С, влажность воздуха 90–98 %. Даже при соблюдении оптимальных параметров температуры и влажности ввиду непрерывных физиологических процессов

(дыхание и др.) у дайкона существует проблема сохранности. Корнеплоды в феврале-марте активно поражаются болезнями. Требуется проведение дополнительных переборок. Выход маточников и качество получаемых семян снижаются, в связи с чем актуальным является получение семян с высокими сортовыми и посевными качествами, что неоднократно подчеркивалось рядом исследователей (В. А. Лудилов, Л. Н. Евдокимова, 2003; И. А. Лутак, О. В. Тимошенко, А. В. Шаповал, 2018) [11]. В значительной степени повысить урожайность семян и их качество позволяют агротехнические приемы. Подбор оптимальных технологических параметров выращивания дайкона в значительной степени позволяет улучшать лежкость корнеплодов, а также повышать посевные качества получаемых семян.

В связи с этим целью данного исследования было выявление технологических параметров выращивания дайкона, влияющих на сохранность маточных корнеплодов и посевные качества семян.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Объектом исследования в 2021–2023 гг. являлись образцы дайкона Гасцінец, Всесезонный, 15/02 и Мантангонг.

Схема закладки опытов:

1. $N_{60}P_{90}K_{120}$ – фон (контроль).
2. Фон + Эколист РК-1, 3 л/га + Эколист РК-1, 5 л/га + Эколист РК-1, 5 л/га.

В дополнение к фону проводили 3-кратные некорневые подкормки Эколист РК-1, Ж в дозе 3 л/га при первой и 5 л/га при последующих.

Фазы развития дайкона по этапам подкормки:

1-я подкормка: ВВСН 11-13 (1 пара настоящих листьев), начало формирования листового аппарата;

2-я подкормка: ВВСН 42-45 (достигнуто 20–50 % ожидаемого диаметра корнеплода), начало формирования корнеплода;

3-я подкормка: ВВСН 77-79 (80 % корнеплодов достигли стандартного размера) за три недели до уборки культуры.

В первой половине лета опытный участок для посева содержался под паром. Высев семян проводили ручной сеялкой по гребневой технологии однострочным способом в два срока. Первый срок посева – во второй декаде июля, второй – через 10 дней. Окончательную густоту стояния растений формировали удалением вручную растений в фазе начала формирования настоящей пары листьев. В первом варианте формировали густоту растений 180 тыс. шт/га, во втором – 280 тыс. шт/га. Повторность опыта 4-кратная, площадь делянки 10,5 м².

Во время вегетации уход проводился по общепринятой технологии возделывания. Наблюдения в период роста и развития растений выполнялись согласно рекомендациям и методическим указаниям [4, 6–8, 10].

Исследование биохимического состава образцов осуществляли в лаборатории биохимической оценки картофеля РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству». В свежих усредненных пробах растительного материала определяли содержание сухих веществ – по ГОСТ 31640-2012 [5]; содержание сахаров – с реактивом Самнера, нитратов – ионоселективным методом, аскорбиновой кислоты (витамина С) – стандартным индофенольным методом [2, 3, 9]. Статистическая обработка полученных данных проводилась по общепринятой методике с использованием программы Microsoft Excel [4].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В ходе исследований анализировали посевные качества семян (лабораторная оценка всхожести и энергии прорастания) изучаемых образцов согласно ГОСТ 12038-84 (табл. 1) [1].

Достоверной разницы по биометрии между вариантами с некорневыми подкормками и без дополнительного питания не наблюдалось. По развитию листового аппарата образцы второго срока посева сравнивались с образцами первого срока посева через три декады. Однако по интенсивности формирования корнеплода сохранилось отставание у образцов второго срока сева. Третью некорневую подкормку проводили Эколист РК-1, Ж в дозе 5 л/га в первой декаде сентября для первого срока посева, для второго срока посева – во второй декаде сентября в фазу интенсивного нарастания корнеплода. Уборку корнеплодов дайкона следует проводить согласно технологии до наступления заморозков, осторожно, не повреждая корнеплоды (процесс заживления ран очень слабый), так как это негативно влияет на их сохранность. Заморозки в период конца вегетации и уборки отрицательно влияют на лежкость во время зимнего хранения. Уборку корнеплодов проводили во второй декаде октября и определяли урожайность и товарность полученной продукции (табл. 2, 3).

Наибольшей урожайностью характеризовались варианты Всесезонный, 15/02, Мантангонг с прибавкой к контролю 7,6–11,1 % при густоте посева 180 тыс. шт/га.

При густоте посева 280 тыс. шт/га наибольшая урожайность отмечена в вариантах Мантангонг, Гасцінец, 15/02 с прибавкой 5,3–13,2 % к контролю. После уборки корнеплоды дайкона всех образцов согласно схеме опыта закладывались на длительное хранение. Для мониторинга динамики лежкости учет сохранности проводили дважды: первый промежуточный учет в третьей декаде января, второй – в третьей декаде апреля, перед высадкой маточников дайкона (табл. 4, 5).

По полученным результатам сохранность образцов дайкона в вариантах с некорневой подкормкой была выше на 6,2–13,0 % при промежуточном учете в третьей декаде января; при съеме с хранения (третья декада апреля) выше на 3,7–11,8 %. Наиболее распространенными болезнями были серая гниль (*Botrytis cinerea Pers.*), белая гниль (*Sclerotinia sclerotiorum Lib.*), бактериозы (*Erwinia carotovora*, *Xanthomonas campestris*).

Из-за длительного периода низких температур весной и для ухода от возвратных заморозков высадку корнеплодов проводили в первой декаде мая на изолированных участках. Наибольшая скорость формирования розетки листьев отмечена у сорта Гасцінец (табл. 6).

По скорости формирования цветоноса лидировали образцы Гасцінец, Всесезонный, 15/02. Мантангонг имел самую низкую скорость формирования розетки листьев и цветоноса из всех исследованных образцов. Уход за семенными растениями дайкона проводили по общепринятой схеме. После уборки семенники дозаривались и подсушивались. Обмолот семян проводили индивидуально с каждого растения по всем вариантам согласно схеме опыта. Продуктивность семенных растений дайкона исследуемых образцов находилась в пределах 7,6–28,4 г с растения, при этом масса 1 000 семян варьировала от 6,9 до 15,8 г (табл. 7, 8).

Таблица 1 – Посевные качества семян изучаемых образцов

Образец	Энергия прорастания, %	Всхожесть, %
Гасцінец	92	98
Всесезонный	85	97
15/02	81	92
Мантангонг	83	95

РАЗДЕЛ 1. СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО
КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР

Таблица 2 – Влияние некорневых подкормок на урожайность дайкона при густоте посева 180 тыс. шт/га, 2021–2023 гг.

Вариант	Срок посева	Образец	Урожайность		Товарность, %
			т/га	+ к контролю т/га	
N ₆₀ P ₉₀ K ₁₂₀ – фон (контроль)	20.07	Всеесезонный	40,1	–	90,8
Фон + Эколист РК-1, 3 л/га + Эколист РК-1, 5 л/га + Эколист РК-1, 5 л/га	20.07	Всеесезонный	43,8	3,7	91,1
N ₆₀ P ₉₀ K ₁₂₀ – фон (контроль)	30.07	Всеесезонный	38,2	–	91,3
Фон + Эколист РК-1, 3 л/га + Эколист РК-1, 5 л/га + Эколист РК-1, 5 л/га	30.07	Всеесезонный	41,1	2,9	92,1
N ₆₀ P ₉₀ K ₁₂₀ – фон (контроль)	20.07	Гасцінец	33,2	–	82,1
Фон + Эколист РК-1, 3 л/га + Эколист РК-1, 5 л/га + Эколист РК-1, 5 л/га	20.07	Гасцінец	36,1	2,9	83,1
N ₆₀ P ₉₀ K ₁₂₀ – фон (контроль)	30.07	Гасцінец	30,1	–	82,6
Фон + Эколист РК-1, 3 л/га + Эколист РК-1, 5 л/га + Эколист РК-1, 5 л/га	30.07	Гасцінец	32,1	2,0	83,5
N ₆₀ P ₉₀ K ₁₂₀ – фон (контроль)	20.07	Мангангонг	29,1	–	90,1
Фон + Эколист РК-1, 3 л/га + Эколист РК-1, 5 л/га + Эколист РК-1, 5 л/га	20.07	Мангангонг	31,8	2,7	91,2
N ₆₀ P ₉₀ K ₁₂₀ – фон (контроль)	30.07	Мангангонг	26,7	–	90,5
Фон + Эколист РК-1, 3 л/га + Эколист РК-1, 5 л/га + Эколист РК-1, 5 л/га	30.07	Мангангонг	29,1	2,4	91,6
N ₆₀ P ₉₀ K ₁₂₀ – фон (контроль)	20.07	15/02	36,1	–	92,1
Фон + Эколист РК-1, 3 л/га + Эколист РК-1, 5 л/га + Эколист РК-1, 5 л/га	20.07	15/02	40,1	4,0	92,5
N ₆₀ P ₉₀ K ₁₂₀ – фон (контроль)	30.07	15/02	32,6	–	92,3
Фон + Эколист РК-1, 3 л/га + Эколист РК-1, 5 л/га + Эколист РК-1, 5 л/га	30.07	15/02	36,1	3,5	92,5
НСР ₀₅			2,2		

**РАЗДЕЛ 1. СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО
КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР**

Таблица 3 – Влияние некорневых подкормок на урожайность, дайкона при густоте посева 280 тыс. шт/га, 2021–2023 гг.

Вариант	Срок посева	Образец	Урожайность			Товарность, %
			т/га	+ к контролю		
				т/га	%	
N ₆₀ P ₉₀ K ₁₂₀ – фон (контроль) Фон + Эколист РК-1, 3 л/га + Эколист РК-1, 5 л/га + Эколист РК-1, 5 л/га	20.07	Всесезонный	45,3	–	–	91,5
N ₆₀ P ₉₀ K ₁₂₀ – фон (контроль) Фон + Эколист РК-1, 3 л/га + Эколист РК-1, 5 л/га + Эколист РК-1, 5 л/га	20.07	Всесезонный	49,6	4,3	9,5	92,1
N ₆₀ P ₉₀ K ₁₂₀ – фон (контроль) Фон + Эколист РК-1, 3 л/га + Эколист РК-1, 5 л/га + Эколист РК-1, 5 л/га	30.07	Всесезонный	43,8	–	–	92,4
N ₆₀ P ₉₀ K ₁₂₀ – фон (контроль) Фон + Эколист РК-1, 3 л/га + Эколист РК-1, 5 л/га + Эколист РК-1, 5 л/га	30.07	Всесезонный	45,9	2,1	4,8	93,1
N ₆₀ P ₉₀ K ₁₂₀ – фон (контроль) Фон + Эколист РК-1, 3 л/га + Эколист РК-1, 5 л/га + Эколист РК-1, 5 л/га	20.07	Гасцинец	37,6	–	–	84,2
N ₆₀ P ₉₀ K ₁₂₀ – фон (контроль) Фон + Эколист РК-1, 3 л/га + Эколист РК-1, 5 л/га + Эколист РК-1, 5 л/га	20.07	Гасцинец	41,2	3,6	9,6	84,8
N ₆₀ P ₉₀ K ₁₂₀ – фон (контроль) Фон + Эколист РК-1, 3 л/га + Эколист РК-1, 5 л/га + Эколист РК-1, 5 л/га	30.07	Гасцинец	35,8	–	–	85,0
N ₆₀ P ₉₀ K ₁₂₀ – фон (контроль) Фон + Эколист РК-1, 3 л/га + Эколист РК-1, 5 л/га + Эколист РК-1, 5 л/га	30.07	Гасцинец	38,6	2,8	7,8	85,5
N ₆₀ P ₉₀ K ₁₂₀ – фон (контроль) Фон + Эколист РК-1, 3 л/га + Эколист РК-1, 5 л/га + Эколист РК-1, 5 л/га	20.07	Мантангонг	31,2	–	–	92,1
N ₆₀ P ₉₀ K ₁₂₀ – фон (контроль) Фон + Эколист РК-1, 3 л/га + Эколист РК-1, 5 л/га + Эколист РК-1, 5 л/га	20.07	Мантангонг	34,5	3,3	10,6	92,5
N ₆₀ P ₉₀ K ₁₂₀ – фон (контроль) Фон + Эколист РК-1, 3 л/га + Эколист РК-1, 5 л/га + Эколист РК-1, 5 л/га	30.07	Мантангонг	28,1	–	–	92,1
N ₆₀ P ₉₀ K ₁₂₀ – фон (контроль) Фон + Эколист РК-1, 3 л/га + Эколист РК-1, 5 л/га + Эколист РК-1, 5 л/га	30.07	Мантангонг	29,6	1,5	5,3	92,6
N ₆₀ P ₉₀ K ₁₂₀ – фон (контроль) Фон + Эколист РК-1, 3 л/га + Эколист РК-1, 5 л/га + Эколист РК-1, 5 л/га	20.07	15/02	35,6	–	–	92,5
N ₆₀ P ₉₀ K ₁₂₀ – фон (контроль) Фон + Эколист РК-1, 3 л/га + Эколист РК-1, 5 л/га + Эколист РК-1, 5 л/га	20.07	15/02	40,3	4,7	13,2	93,6
N ₆₀ P ₉₀ K ₁₂₀ – фон (контроль) Фон + Эколист РК-1, 3 л/га + Эколист РК-1, 5 л/га + Эколист РК-1, 5 л/га	30.07	15/02	35,2	–	–	92,6
N ₆₀ P ₉₀ K ₁₂₀ – фон (контроль) Фон + Эколист РК-1, 3 л/га + Эколист РК-1, 5 л/га + Эколист РК-1, 5 л/га	30.07	15/02	39,1	3,9	11,1	92,8
НСР ₀₅			1,8			

**РАЗДЕЛ 1. СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО
КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР**

Таблица 4 – Влияние некорневых подкормок на лежкость дайкона при густоте посева 280 тыс. шт/га, 2021–2023 гг.

Вариант	Срок посева	Образец	Сохранность 3-я декада января		Сохранность 3-я декада апреля	
			%	+ к контролю	%	+ к контролю
N ₆₀ P ₉₀ K ₁₂₀ – фон (контроль)	20.07	Весезонный	61,3	–	35,6	–
Фон + Эколист РК-1, 3 л/га + Эколист РК-1, 5 л/га + Эколист РК-1, 5 л/га	20.07	Весезонный	68,2	11,3	39,5	11,0
N ₆₀ P ₉₀ K ₁₂₀ – фон (контроль)	30.07	Весезонный	59,3	–	33,8	–
Фон + Эколист РК-1, 3 л/га + Эколист РК-1, 5 л/га + Эколист РК-1, 5 л/га	30.07	Весезонный	66,1	11,5	37,3	10,4
N ₆₀ P ₉₀ K ₁₂₀ – фон (контроль)	20.07	Гаспнец	66,9	–	36,2	–
Фон + Эколист РК-1, 3 л/га + Эколист РК-1, 5 л/га + Эколист РК-1, 5 л/га	20.07	Гаспнец	71,5	6,9	39,4	8,8
N ₆₀ P ₉₀ K ₁₂₀ – фон (контроль)	30.07	Гаспнец	63,1	–	34,2	–
Фон + Эколист РК-1, 3 л/га + Эколист РК-1, 5 л/га + Эколист РК-1, 5 л/га	30.07	Гаспнец	67,2	6,5	36,8	7,6
N ₆₀ P ₉₀ K ₁₂₀ – фон (контроль)	20.07	Мантангонг	52,5	–	25,7	–
Фон + Эколист РК-1, 3 л/га + Эколист РК-1, 5 л/га + Эколист РК-1, 5 л/га	20.07	Мантангонг	57,3	9,1	27,8	8,2
N ₆₀ P ₉₀ K ₁₂₀ – фон (контроль)	30.07	Мантангонг	56,8	–	24,5	–
Фон + Эколист РК-1, 3 л/га + Эколист РК-1, 5 л/га + Эколист РК-1, 5 л/га	30.07	Мантангонг	60,3	6,2	26,3	7,3
N ₆₀ P ₉₀ K ₁₂₀ – фон (контроль)	20.07	15/02	68,2	–	41,2	–
Фон + Эколист РК-1, 3 л/га + Эколист РК-1, 5 л/га + Эколист РК-1, 5 л/га	20.07	15/02	77,1	13,0	45,6	10,7
N ₆₀ P ₉₀ K ₁₂₀ – фон (контроль)	30.07	15/02	61,2	–	39,1	–
Фон + Эколист РК-1, 3 л/га + Эколист РК-1, 5 л/га + Эколист РК-1, 5 л/га	30.07	15/02	67,5	10,3	43,7	11,8

**РАЗДЕЛ 1. СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО
КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР**

Таблица 5 – Влияние некорневых подкормок на лежкость дайкона при густоте посева 180 тыс. шт/га, 2021–2023 гг.

Вариант	Срок посева	Образец	Сохранность 3-я декада января		Сохранность 3-я декада апреля	
			%	+ к контролю	%	+ к контролю
N ₆₀ P ₉₀ K ₁₂₀ – фон (контроль)	20.07	Всесезонный	56,2	–	35,2	–
Фон + Эколист РК-1, 3 л/га + Эколист РК-1, 5 л/га + Эколист РК-1, 5 л/га	20.07	Всесезонный	62,3	10,9	38,6	9,7
N ₆₀ P ₉₀ K ₁₂₀ – фон (контроль)	30.07	Всесезонный	54,5	–	35,4	–
Фон + Эколист РК-1, 3 л/га + Эколист РК-1, 5 л/га + Эколист РК-1, 5 л/га	30.07	Всесезонный	60,3	10,6	38,7	9,3
N ₆₀ P ₉₀ K ₁₂₀ – фон (контроль)	20.07	Гасінец	62,3	–	36,2	–
Фон + Эколист РК-1, 3 л/га + Эколист РК-1, 5 л/га + Эколист РК-1, 5 л/га	20.07	Гасінец	67,5	8,3	39,1	8,0
N ₆₀ P ₉₀ K ₁₂₀ – фон (контроль)	30.07	Гасінец	59,4	–	32,4	–
Фон + Эколист РК-1, 3 л/га + Эколист РК-1, 5 л/га + Эколист РК-1, 5 л/га	30.07	Гасінец	63,2	6,4	33,6	3,7
N ₆₀ P ₉₀ K ₁₂₀ – фон (контроль)	20.07	Мангангонг	54,3	–	24,5	–
Фон + Эколист РК-1, 3 л/га + Эколист РК-1, 5 л/га + Эколист РК-1, 5 л/га	20.07	Мангангонг	58,6	7,9	26,9	9,8
N ₆₀ P ₉₀ K ₁₂₀ – фон (контроль)	30.07	Мангангонг	55,1	–	23,1	–
Фон + Эколист РК-1, 3 л/га + Эколист РК-1, 5 л/га + Эколист РК-1, 5 л/га	30.07	Мангангонг	58,6	6,4	25,1	8,7
N ₆₀ P ₉₀ K ₁₂₀ – фон (контроль)	20.07	15/02	62,3	–	39,6	–
Фон + Эколист РК-1, 3 л/га + Эколист РК-1, 5 л/га + Эколист РК-1, 5 л/га	20.07	15/02	68,4	9,8	43,7	10,4
N ₆₀ P ₉₀ K ₁₂₀ – фон (контроль)	30.07	15/02	62,7	–	41,2	–
Фон + Эколист РК-1, 3 л/га + Эколист РК-1, 5 л/га + Эколист РК-1, 5 л/га	30.07	15/02	68,1	8,6	44,1	7,0

Таблица 6 – Динамика формирования семенных растений дайкона, 2022–2023 гг.

Образец	Посадка корнеплодов	Формирование розетки листьев	Формирование цветоноса
Всесезонный	05.05	25.05	05.06
Гасінец	05.05	21.05	30.05
Мангангонг	05.05	30.05	09.06
15/02	05.05	25.05	03.06

**РАЗДЕЛ 1. СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО
КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР**

Таблица 7 – Влияние некорневых подкормок на урожайность и посевные качества семян дайкона при густоте посева 280 тыс. шт/га, 2022–2023 гг.

Вариант	Срок посева	Образец	Продуктивность 1 растения, г	Масса 1 000 семян, г	Урожайность, ц/га*	Энергия прорастания, %	Всхожесть, %
N ₆₀ P ₉₀ K ₁₂₀ – фон (контроль)	20.07	Весезонный	24,5	12,3	7,0	88,3	93,2
Фон + Эколист РК-1, 3 л/га + Эколист РК-1, 5 л/га + Эколист РК-1, 5 л/га	20.07	Весезонный	28,4	15,8	8,1	88,6	95,4
N ₆₀ P ₉₀ K ₁₂₀ – фон (контроль)	30.07	Весезонный	22,5	11,2	6,4	88,2	92,2
Фон + Эколист РК-1, 3 л/га + Эколист РК-1, 5 л/га + Эколист РК-1, 5 л/га	30.07	Весезонный	25,6	12,5	7,3	89,1	92,8
N ₆₀ P ₉₀ K ₁₂₀ – фон (контроль)	20.07	Гаспнец	22,4	11,3	6,6	89,3	95,3
Фон + Эколист РК-1, 3 л/га + Эколист РК-1, 5 л/га + Эколист РК-1, 5 л/га	20.07	Гаспнец	23,1	13,8	6,4	89,7	97,2
N ₆₀ P ₉₀ K ₁₂₀ – фон (контроль)	30.07	Гаспнец	20,3	11,6	5,8	87,8	93,1
Фон + Эколист РК-1, 3 л/га + Эколист РК-1, 5 л/га + Эколист РК-1, 5 л/га	30.07	Гаспнец	20,5	12,4	5,8	87,9	94,2
N ₆₀ P ₉₀ K ₁₂₀ – фон (контроль)	20.07	Мантангонг	14,1	9,1	4,0	75,1	82,1
Фон + Эколист РК-1, 3 л/га + Эколист РК-1, 5 л/га + Эколист РК-1, 5 л/га	20.07	Мантангонг	15,1	10,1	4,3	76,9	82,5
N ₆₀ P ₉₀ K ₁₂₀ – фон (контроль)	30.07	Мантангонг	13,4	8,5	3,8	75,2	80,6
Фон + Эколист РК-1, 3 л/га + Эколист РК-1, 5 л/га + Эколист РК-1, 5 л/га	30.07	Мантангонг	13,6	9,5	3,9	76,1	81,5
N ₆₀ P ₉₀ K ₁₂₀ – фон (контроль)	20.07	15/02	22,5	11,9	6,4	85,2	92,3
Фон + Эколист РК-1, 3 л/га + Эколист РК-1, 5 л/га + Эколист РК-1, 5 л/га	20.07	15/02	23,2	13,0	6,6	86,7	94,3
N ₆₀ P ₉₀ K ₁₂₀ – фон (контроль)	30.07	15/02	21,8	11,5	6,2	85,3	90,6
Фон + Эколист РК-1, 3 л/га + Эколист РК-1, 5 л/га + Эколист РК-1, 5 л/га	30.07	15/02	22,6	12,5	6,4	86,1	91,2

* Расчетная урожайность.

**РАЗДЕЛ 1. СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО
КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР**

Таблица 8 – Влияние прикорневых подкормок на урожайность и посевные качества семян дайкона при густоте посева 180 тыс. шт/га, 2022–2023 гг.

Вариант	Срок посева	Образец	Продуктивность семян с 1 растения, г	Масса 1 000 семян, г	Урожайность, шт/га*	Энергия прорастания, %	Всхожесть, %
N ₆₀ P ₉₀ K ₁₂₀ – фон (контроль)	20.07	Всесезонный	20,8	11,9	5,9	86,5	88,6
Фон + Эколист РК-1, 3 л/га + Эколист РК-1, 5 л/га + Эколист РК-1, 5 л/га	20.07	Всесезонный	21,2	15,2	6,0	87,1	90,2
N ₆₀ P ₉₀ K ₁₂₀ – фон (контроль)	30.07	Всесезонный	19,6	11,2	5,6	84,6	88,3
Фон + Эколист РК-1, 3 л/га + Эколист РК-1, 5 л/га + Эколист РК-1, 5 л/га	30.07	Всесезонный	19,9	12,1	5,7	85,3	89,1
N ₆₀ P ₉₀ K ₁₂₀ – фон (контроль)	20.07	Гаспинец	10,5	11,6	3,0	79,2	84,8
Фон + Эколист РК-1, 3 л/га + Эколист РК-1, 5 л/га + Эколист РК-1, 5 л/га	20.07	Гаспинец	13,3	12,8	3,8	82,8	86,6
N ₆₀ P ₉₀ K ₁₂₀ – фон (контроль)	30.07	Гаспинец	9,2	9,6	2,6	78,5	82,5
Фон + Эколист РК-1, 3 л/га + Эколист РК-1, 5 л/га + Эколист РК-1, 5 л/га	30.07	Гаспинец	9,8	11,3	2,8	82,1	83,8
N ₆₀ P ₉₀ K ₁₂₀ – фон (контроль)	20.07	Мангангонг	9,1	6,9	2,6	70,7	76,6
Фон + Эколист РК-1, 3 л/га + Эколист РК-1, 5 л/га + Эколист РК-1, 5 л/га	20.07	Мангангонг	10,2	8,1	2,9	72,2	78,2
N ₆₀ P ₉₀ K ₁₂₀ – фон (контроль)	30.07	Мангангонг	7,6	7,3	2,2	70,8	77,3
Фон + Эколист РК-1, 3 л/га + Эколист РК-1, 5 л/га + Эколист РК-1, 5 л/га	30.07	Мангангонг	8,5	7,8	2,4	71,2	77,8
N ₆₀ P ₉₀ K ₁₂₀ – фон (контроль)	20.07	15/02	14,3	10,6	4,1	82,4	87,6
Фон + Эколист РК-1, 3 л/га + Эколист РК-1, 5 л/га + Эколист РК-1, 5 л/га	20.07	15/02	15,6	11,8	4,4	83,6	89,1
N ₆₀ P ₉₀ K ₁₂₀ – фон (контроль)	30.07	15/02	12,3	11,6	3,5	83,1	86,9
Фон + Эколист РК-1, 3 л/га + Эколист РК-1, 5 л/га + Эколист РК-1, 5 л/га	30.07	15/02	13,7	11,7	3,9	83,4	88,6

* Расчетная урожайность.

Согласно полученным данным, наибольшая семенная продуктивность отмечена при густоте посева 280 тыс. шт/га, а минимальная – при густоте посева 180 тыс. шт/га. В сравнении с контролем максимальная прибавка по всхожести семян на 2,0–2,4 % отмечена у образцов Гасцінец, Всесезонный, Мантангонг при первом сроке посева и густоте 280 тыс. шт/га. При втором сроке посева и той же густоте лучшими были образцы Гасцінец, Мантангонг с превосходством над контролем по всхожести семян на 1,1 и 1,2 % соответственно. В целом по эксперименту можно сделать вывод, что некорневые подкормки маточных корнеплодов дайкона повышают семенную продуктивность на 1,0–15,9 %. Прибавка в сравнении с контролем по всхожести семян составила 0,5–2,4 %.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Согласно полученным результатам, рекомендуется посев дайкона проводить во второй декаде июля с густотой 280 тыс. шт/га, использовать 3-кратную некорневую подкормку – первая Эколист РК-1, Ж в дозе 3 л/га, вторая и третья – Эколист РК-1, Ж в дозе 5 л/га. Уборку дайкона следует проводить при положительной температуре до наступления заморозков, на хранение корнеплоды закладывать без признаков повреждения.

Установлено, что сохранность маточных корнеплодов дайкона исследуемых образцов в вариантах с некорневой подкормкой была выше на 3,7–11,8 %. Некорневые подкормки повышают семенную продуктивность на 1,0–15,9 %. Прибавка в сравнении с контролем по всхожести семян составила 0,5–2,4 %.

Список литературы

1. Алексейчук, Г. Н. Физиологическое качество семян сельскохозяйственных культур и методы его оценки / Г. Н. Алексейчук, Н. А. Ламан. – Минск : Право и экономика, 2005. – 48 с.
2. Большой практикум «Биохимия». Лабораторные работы : учеб. пособие / Перм. гос. нац. исслед. ун-т ; сост. М. Г. Кусакина, В. И. Суворов, Л. А. Чудинова. – Пермь, 2012. – 148 с.
3. Боровиков, В. П. STATISTICA: Искусство анализа данных на компьютере / В. П. Боровиков. – СПб., 2001. – 656 с.
4. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – 5-е изд., доп. и перераб. – М. : Агропромиздат, 1985. – 351 с.
5. Корма. Методы определения содержания сухого вещества: ГОСТ 31640-2012. – Введ. 01.07.2013. – М. : Стандартинформ, 2012. – 11 с.
6. Методика проведения испытания сортов на отличимость, однородность и стабильность / сост. В. А. Бейня [и др.]. – М., 2015. – С. 113–156, 192.
7. Методика селекции и семеноводства овощных культур : материалы Всесоюз. семинара по методике селекции и семеноводства овощ. культур ; под общ. ред. Д. Д. Брежнева. – Л. : Колос, 1964. – 312 с.
8. Методические указания по селекции сортов и гетерозисных гибридов корнеплодных растений (морковь, свекла, редис, редька, репа, брюква, пастернак) / Всесоюз. науч.-исслед. ин-т селекции и семеноводства овощ. культур, Всесоюз. науч.-исслед. ин-т растениеводства им. Н. И. Вавилова, Науч.-исслед. ин-т овощ. хоз-ва ; под ред. В. В. Квасникова. – М., 1987. – 84 с.
9. Методы биохимического исследования растений / под ред. А. И. Ермакова. – 3-е изд., перераб. и доп. – Ленинград, 1987. – 430 с.

10. Методы селекции и семеноводства овощных корнеплодных растений: морковь, свекла, редис, редька, дайкон, репа, брюква, пастернак / Всерос. науч.-исслед. ин-т селекции и семеноводства овощ. культур ; под ред. В. Ф. Пивоварова, М. С. Бунина. – М. : Колос, 2003. – 284 с.

11. Современные технологии производства овощей в Беларуси / А. А. Аутко [и др.]. – Молодечно : Победа, 2005. – 272 с.

Поступила в редакцию 11.12.2023 г.

V. V. OPIMAN, E. P. URBAN

**THE INFLUENCE OF AGRICULTURAL PRACTICES OF DAIKON
CULTIVATION ON YIELD, SAFETY OF MOTHER ROOTS
AND THE SOWING QUALITY OF SEEDS**

SUMMARY

The results of a study of the influence of agricultural practices of daikon cultivation on the safety of mother root crops during long-term storage and the sowing quality of seeds are presented.

The safety of mother daikon roots of the studied samples in the variants with foliar feeding was higher by 3.7–11.8 %. Foliage spraying of daikon mother roots increases seed productivity by 1.0–15.9 %, seed germination ability by 0.5–2.4 %.

Key words: daikon; agricultural practice; sowing time; seeding rate; storability; safety; mother roots; germination; germination energy; yield; marketability.

УДК 635.132:631.531.027.2:631.81.095.337

В. В. Опимах¹, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,
заведующий сектором столовых корнеплодов

Э. П. Урбан², член-корреспондент НАН Беларуси, доктор
сельскохозяйственных наук, профессор,

первый заместитель генерального директора по научной работе

С. Г. Азизбекян³, старший научный сотрудник

¹ РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук
Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству»,
аг. Самохваловичи, Минский район

² РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук
Беларуси по земледелию», г. Жодино

³ ГНУ «Институт физико-органической химии Национальной
академии наук Беларуси», г. Минск

ВЛИЯНИЕ ПЛЕНКООБРАЗУЮЩИХ КОМПОНЕНТОВ И КОМПЛЕКСА МИКРОЭЛЕМЕНТОВ НАНОПЛАНТ ПРИ ИНКРУСТАЦИИ СЕМЯН НА УРОЖАЙНОСТЬ МОРКОВИ СТОЛОВОЙ

РЕЗЮМЕ

Приведены результаты сравнительного исследования влияния инкрустации семян пленкообразующими компонентами (Гисинар М, ПВА, ВРП-3 и NaКМЦ) в сочетании с обработкой комплексом микроэлементов Наноплант на продуктивность моркови столовой.

Наибольшую прибавку общей урожайности моркови столовой 13,6 % (4,5 т/га) получили при применении в качестве пленкообразующего вещества препарата ВРП-3 + Наноплант 5,0. Положительная тенденция роста урожайности на 11,8–13,6 %, а также товарности отмечена в вариантах с большей концентрацией комплекса микроэлементов Наноплант.

Ключевые слова: морковь столовая; семена; инкрустация; пленкообразующий компонент; корнеплоды; микроэлементы; урожайность.

ВВЕДЕНИЕ

Практическое испытание подготовленных к посеву семян выявило необходимость нанесения пленкообразователя в качестве финишного покрытия. При обработке семян моркови столовой протравителями (Престиж и др.) всходы получаются неравномерными, что обуславливает низкую товарность продукции. Неравномерность всходов вызвана не негативным действием протравителя на прорастающее семя, а использованием пневматических сеялок точного высева. При перемещении обработанных семян на поверхности образуется фракция пыли. Данная пыль и является причиной не 100 %-го присасывания семян к высевающему аппарату пневматической сеялки. Для предотвращения данного негативного явления при обработке семян (дражирование, инкрустация) в состав последнего наносимого слоя необходимо вводить пленкообразующий компонент.

**РАЗДЕЛ 1. СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО
КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР**

Из отечественных пленкообразующих компонентов для инкрустации семян наиболее перспективными являются следующие виды клеящих веществ: ВРП-3 полимер синтетический водорастворимый ТУ РБ 00280198.024-99; NaКМЦ – карбоксиметилцеллюлоза, марка 75 Б, ТУ 2231-034-79249837-206 с изм. 1-17; Гисинар М, в. с. (водная суспензия) 150–200 г/л (сополимер натриевой соли акриловой кислоты и акриламида), ТУ ВУ 100050710.103-2007, а также ПВА – поливинилацетатный клей. При этом для оптимизации питательного режима в период прорастания семян важно проведение их обработки комплексом микроэлементов – жидким концентратом Наноплант-8, Ж, в состав которого входят 8 микроэлементов, в том числе с содержанием в г/л: не менее 0,25 – Zn, не менее 0,36 – Co, Mn, не менее 0,45 – Cu, Cr, Mo, Se, не менее 0,60 – Fe.

Использование пленкообразующего компонента при инкрустации обеспечит создание гладкой и не пылящей поверхности семени. Это позволит пневматическим сеялкам точного высева работать без пропусков. Микроэлементы повысят жизненную силу проростков. Равномерный высеv инкрустированных семян моркови столовой (микроэлементы + протравитель + пленкообразующий компонент) обеспечит дружные всходы, рост и развитие растений, что, в свою очередь, позволит получить максимальный урожай при высокой товарности. Целью данной работы являлось определение урожайности и качества моркови столовой при инкрустации семян пленкообразующим компонентом и микроэлементами.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Объектом исследования являлись семена моркови столовой сорта Лявониha. Научно-исследовательская работа проводилась с использованием общепринятых методик и рекомендаций [1–5]. Во время вегетации осуществлялось наблюдение за ростом и развитием растений. В качестве пленкообразующего вещества для инкрустации семян испытывали ВРП-3, NaКМЦ, Гисинар М, ПВА. Для изучения были выбраны концентрации пленкообразующего вещества 1, 2, 5, 10 %. Оптимальную концентрацию подбирали по результатам оценки лабораторной всхожести семян согласно ГОСТ 12038-84 [6]. Повторность опыта 4-кратная, по 25 семян в каждой чашке Петри. По результатам оценки лабораторная всхожесть необработанных семян составила 93 % при энергии прорастания 87 %. Полевые опыты в 2021–2023 гг. закладывались в стационарном овощном севообороте на дерново-подзолистой, легкосуглинистой почве с содержанием гумуса 2,5 %, pH KCl – 5,5, подвижных форм фосфора – 350 мг/кг и калия – 260 мг/кг почвы, нитратного азота – 4,7 мг/кг. Схема полевого опыта моркови столовой включала обработку семян протравителем Престиж, КС 100 мл/кг и 2 %-м раствором пленкообразующего вещества. Для изучения использовали рабочие концентрации комплекса микроэлементов Наноплант 1,0; 3,0 и 5,0 мл/кг. Схема опыта:

- | | |
|--|--------------------------------------|
| 1. Необработанные; | 12. Фон + ВРП-3 + Наноплант 1,0; |
| 2. Фон (контроль) – Престиж, КС (100 мл/кг); | 13. Фон + NaКМЦ + Наноплант 1,0; |
| 3. Фон + Гисинар М; | 14. Фон + Гисинар М + Наноплант 3,0; |
| 4. Фон + ПВА; | 15. Фон + ПВА + Наноплант 3,0; |
| 5. Фон + ВРП-3; | 16. Фон + ВРП-3 + Наноплант 3,0; |
| 6. Фон + NaКМЦ; | 17. Фон + NaКМЦ + Наноплант 3,0; |
| 7. Фон + Наноплант 1,0; | 18. Фон + Гисинар М + Наноплант 5,0; |
| 8. Фон + Наноплант 3,0; | 19. Фон + ПВА + Наноплант 5,0; |
| 9. Фон + Наноплант 5,0; | 20. Фон + ВРП-3 + Наноплант 5,0; |
| 10. Фон + Гисинар М + Наноплант 1,0; | 21. Фон + NaКМЦ + Наноплант 5,0. |
| 11. Фон + ПВА + Наноплант 1,0; | |

**РАЗДЕЛ 1. СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО
КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР**

Статистическую обработку данных проводили по общепринятой методике с использованием программы Microsoft Excel [1].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В качестве пленкообразующего вещества для инкрустации семян испытывали ВРП-3, НаКМЦ, Гисинар М, ПВА. Для работы были выбраны концентрации 1, 2, 5, 10 %. В начале эксперимента в 2021 г. необходимо было установить, при какой концентрации клеящего вещества наступит снижение всхожести. Подходящую или рабочую концентрацию подбирали по результатам оценки лабораторной всхожести семян. Обработанные пленкообразующими компонентами семена моркови столовой оценили на всхожесть в лабораторных условиях (табл. 1).

На основе полученных результатов для дальнейшей работы была выбрана 2 %-я концентрация клеящего вещества, поскольку более высокие концентрации значительно снижали всхожесть семян. Кроме того, по результатам оценки урожайности в 2021 г. было установлено преимущество вариантов с 2 %-й концентрацией клеящего вещества. В связи со сложностью работы с микроэлементами было принято решение использовать готовый комплекс микроэлементов Наноплант в концентрации 1,0; 3,0 и 5,0 мл/кг. Оценена совместимость пленкообразующих компонентов с микроэлементами. Наноплант при смешивании с протравителями и водными растворами клеящих веществ не имел отрицательной реакции, раствор оставался стабильным 4,5–5,5 часа. Позже наблюдалось расслоение раствора, а после перемешивания он приобретает однородный состав (осадок отсутствует). Ввиду отсутствия технической возможности сушки семян в процессе протравливания мы отказались от послойного нанесения компонентов инкрустации по схеме: микроэлементы + протравитель + клеящий состав. Был выбран более простой способ инкрустации – нанесение смеси всех компонентов: микроэлементы, протравитель, клеящий состав непосредственно на семена.

Таблица 1 – Лабораторная всхожесть семян моркови столовой после обработки пленкообразующим веществом, 2021 г.

Пленкообразующее вещество	Концентрация, %	Всхожесть семян, %
ВРП-3	1	93,7
	2	92,5
	5	89,6
	10	82,5
НаКМЦ	1	92,5
	2	90,5
	5	88,5
	10	79,1
Гисинар М	1	93,5
	2	92,3
	5	90,2
	10	89,6
ПВА	1	93,2
	2	91,2
	5	82,3
	10	80,2
Без обработки		93,7

**РАЗДЕЛ 1. СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО
КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР**

Проведена подготовка опытных партий семян моркови столовой для закладки полевых опытов. Инкрустация семян включала комплекс микроэлементов Наноплант, протравитель, пленкообразующие вещества согласно схеме опыта (рис.).

По результатам лабораторной оценки всхожесть обработанных семян моркови столовой составила 90–92 %. Их высев проводили сеялками точного высева MONOSEM, АКП 4,2 по гребневой технологии двухстрочным способом 62+8×70 см с оценкой равномерности. Уход за растениями осуществляли по общепринятой технологии возделывания моркови столовой. Проведены фенологические наблюдения и биометрические измерения. Были отмечены отличия в прохождении фенофаз, на начальных этапах роста и развития растений при использовании различных концентраций комплекса микроэлементов Наноплант (табл. 2).



Рисунок – Семена моркови столовой без обработки (слева)
и после проведения инкрустации (справа)

Таблица 2 – Влияние инкрустации семян на развитие растений моркови столовой

Вариант	Фазы развития			
	ВВСН 10-12		ВВСН 13-14	
	количество листьев, шт.	высота розетки, см	количество листьев, шт.	высота розетки, см
Контроль	1,9	5,6	3,7	11,3
Гисинар М + Наноплант 1,0	2,0	5,9	3,9	11,6
ПВА + Наноплант 1,0	2,0	6,0	3,8	11,6
ВРП-3 + Наноплант 1,0	2,0	6,0	4,0	11,7
NaKMЦ + Наноплант 1,0	2,0	6,0	3,9	11,6
Гисинар М + Наноплант 3,0	2,0	6,1	4,0	11,6
ПВА + Наноплант 3,0	2,0	6,2	4,0	11,7
ВРП-3 + Наноплант 3,0	2,0	6,4	4,0	11,8
NaKMЦ + Наноплант 3,0	2,0	6,3	4,0	11,5
Гисинар М + Наноплант 5,0	2,0	6,7	4,0	11,8
ПВА + Наноплант 5,0	2,0	6,6	4,0	11,9
ВРП-3 + Наноплант 5,0	2,0	6,8	4,0	12,0
NaKMЦ + Наноплант 5,0	2,0	6,6	4,0	12,0

**РАЗДЕЛ 1. СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО
КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР**

Опережение роста и развития растений наблюдалось на начальных фазах вегетации (ВВСН 10-13) при концентрации Нанопланта 5,0 мл/кг. В последующем данное опережение нивелируется. Растения моркови столовой, обработанные меньшей концентрацией микроэлементов 1,0 и 3,0 мл/кг, начиная с фазы ВВСН 13-14 имели схожие показатели по росту и развитию (количество и размер листьев, начало фазы формирования корнеплода), как и в варианте с большей концентрацией.

При уборке культуры провели оценку урожайности и товарности полученной продукции согласно схеме опыта (табл. 3). Наибольшую прибавку общей урожайности 13,6 % получили при применении в качестве пленкообразующего вещества препарата ВРП-3 + Наноплант 5,0. Положительная тенденция роста урожайности на 11,8–13,6 %, а также товарности отмечена в вариантах с большей концентрацией Нанопланта.

Согласно проведенным ранее исследованиям, применение Нанопланта в дозе 5 мл/кг на фоне обработок семян пленкообразующими компонентами Гисинар М, ВРП-3 и НаКМЦ оказало существенное влияние на качество корнеплодов моркови столовой по совокупности исследуемых биохимических характеристик, обусловленное повышением сахаров и каротина [7].

В ходе исследований мы изучили влияние пленкообразующего компонента на посевные качества семян моркови столовой после двух лет хранения (табл. 4). Всхожесть инкрустированных семян моркови столовой после двух лет хранения снизилась на 10,6–24,6 % в зависимости от варианта. Полученный результат позволяет сделать вывод о необходимости инкрустировать семена в год использования или же использовать

Таблица 3 – Влияние инкрустации семян на урожайность и товарность моркови столовой, 2021–2023 гг.

Вариант	Урожайность, т/га	Прибавка урожая		Товарность, %
		т/га	%	
Необработанные	28,7*	–4,4	–13,3	86,5
Фон (контроль) – Престиж, КС (100 мл/кг)	33,1	–	–	90,1
Фон + Гисинар М	33,3	0,2	0,6	87,5
Фон + ПВА	33,1	0,0	0,0	88,5
Фон + ВРП-3	34,1	1,0	3,0	89,5
Фон + НаКМЦ	34,0	0,9	2,7	89,2
Фон + Наноплант 1,0	33,6	0,5	1,5	90,3
Фон + Наноплант 3,0	33,9	0,8	2,4	91,0
Фон + Наноплант 5,0	34,5	1,4	4,2	90,5
Фон + Гисинар М + Наноплант 1,0	34,4	1,3	3,9	90,1
Фон + ПВА + Наноплант 1,0	34,3	1,2	3,6	90,0
Фон + ВРП-3 + Наноплант 1,0	35,0	1,9	5,7	91,2
Фон + НаКМЦ + Наноплант 1,0	35,2	2,1	6,3	90,4
Фон + Гисинар М + Наноплант 3,0	36,1	3,0	9,1	90,8
Фон + ПВА + Наноплант 3,0	36,0	2,9	8,8	90,4
Фон + ВРП-3 + Наноплант 3,0	36,3	3,2	9,7	90,8
Фон + НаКМЦ + Наноплант 3,0	36,5	3,4	10,3	90,6
Фон + Гисинар М + Наноплант 5,0	37,2	4,1	12,4	91,2
Фон + ПВА + Наноплант 5,0	37,0	3,9	11,8	91,3
Фон + ВРП-3 + Наноплант 5,0	37,6	4,5	13,6	91,6
Фон + НаКМЦ + Наноплант 5,0	37,4	4,3	13,0	92,1
НСР ₀₅	0,76			

* Не учитывался вариант при расчете наименьшей существенной разницы.

**РАЗДЕЛ 1. СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО
КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР**

Таблица 4 – Посевные качества инкрустированных семян моркови столовой после двухлетнего хранения

Вариант	Энергия прорастания, %	Всхожесть, %
Необработанные	75,3	85,2
Фон (контроль) – Престиж, КС (100 мл/кг)	53,1	72,3
Фон + Гисинар М	64,4	76,4
Фон + ПВА	54,2	68,1
Фон + ВРП-3	60,3	73,2
Фон + NaKMЦ	62,1	70,2
Фон + Наноплант 1,0	55,8	64,8
Фон + Наноплант 3,0	58,6	65,6
Фон + Наноплант 5,0	62,5	76,2
Фон + Гисинар М + Наноплант 1,0	54,2	70,5
Фон + ПВА + Наноплант 1,0	66,1	72,1
Фон + ВРП-3 + Наноплант 1,0	63,3	70,6
Фон + NaKMЦ + Наноплант 1,0	59,4	70,8
Фон + Гисинар М + Наноплант 3,0	53,4	65,3
Фон + ПВА + Наноплант 3,0	59,2	64,2
Фон + ВРП-3 + Наноплант 3,0	59,3	73,4
Фон + NaKMЦ + Наноплант 3,0	61,2	72,2
Фон + Гисинар М + Наноплант 5,0	56,1	66,3
Фон + ПВА + Наноплант 5,0	59,3	70,6
Фон + ВРП-3 + Наноплант 5,0	62,2	75,1
Фон + NaKMЦ + Наноплант 5,0	58,2	66,7

инкрустированные семена в первую очередь в следующем году, не допуская их хранения более двух лет.

Итогом работы являлось определение параметров инкрустации семян моркови столовой пленкообразующим компонентом для получения оптимальной густоты растений, которая способствует получению максимального урожая с высокой товарностью.

Согласно проведенным исследованиям, для производства при проведении инкрустации семян моркови столовой можно рекомендовать в качестве пленкообразующего компонента применение ВРП-3, NaKMЦ, Гисинар М с рабочей концентрацией 2 %. В качестве микроэлементов следует использовать Наноплант в концентрациях 3–5 мл/кг. После инкрустации семена необходимо просушить до сыпучего состояния. Следует учесть, что срок хранения инкрустированных семян – не более двух лет.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате сравнительного исследования инкрустации семян пленкообразующими компонентами (Гисинар М, ПВА, ВРП-3 и NaKMЦ) в сочетании с обработкой комплексом микроэлементов Наноплант установлено влияние на урожайность и товарность моркови столовой.

Наибольшую прибавку общей урожайности 13,6 % получили при применении в качестве пленкообразующего вещества препарата ВРП-3 + Наноплант 5,0. Положительная тенденция роста урожайности на 11,8–13,6 % и товарности отмечена в вариантах с большей концентрацией Нанопланта.

Проведенная работа позволила сформулировать и рекомендовать производству параметры инкрустации семян моркови столовой пленкообразующим компонентом для получения оптимальной густоты растений.

Список литературы

1. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – 5-е изд., доп. и перераб. – М. : Агропромиздат, 1985. – 351 с.
2. Методика селекции и семеноводства овощных культур : материалы Всесоюз. семинара по методике селекции и семеноводства овощ. культур / под общ. ред. Д. Д. Брежнева. – Л. : Колос, 1964. – 312 с.
3. Методика проведения испытания сортов на отличимость, однородность и стабильность / сост. В. А. Бейня [и др.]. – М., 2015. – С. 113–156, 192.
4. Методы селекции и семеноводства овощных корнеплодных растений: морковь, свекла, редис, редька, дайкон, репа, брюква, пастернак / Всерос. науч.-исслед. ин-т селекции и семеноводства овощ. культур ; под ред. В. Ф. Пивоварова, М. С. Бунина. – М. : Колос, 2003. – 284 с.
5. Методические указания по селекции сортов и гетерозисных гибридов корнеплодных растений (морковь, свекла, редис, редька, репа, брюква, пастернак) / Всесоюз. науч.-исслед. ин-т селекции и семеноводства овощ. культур, Всесоюз. науч.-исслед. ин-т растениеводства им. Н. И. Вавилова, Науч.-исслед. ин-т овощ. хоз-ва ; под ред. В. В. Квасникова. – М., 1987. – 84 с.
6. Алексейчук, Г. Н. Физиологическое качество семян сельскохозяйственных культур и методы его оценки / Г. Н. Алексейчук, Н. А. Ламан. – Минск : Право и экономика, 2005. – 48 с.
7. Влияние пленкообразующих компонентов и микроэлементного стимулятора Наноплант при инкрустации семян моркови столовой на биохимический состав корнеплодов / В. В. Опимах [и др.] // Овощеводство : сб. науч. тр. / Ин-т овощеводства ; редкол.: А. И. Чайковский (гл. ред.) [и др.]. – Самохваловичи, 2022. – Т. 30. – С. 37–45.

Поступила в редакцию 11.12.2023 г.

V. V. OPIMAH, E. P. URBAN, S. G. AZIZBEKYAN

**THE INFLUENCE OF FILM-FORMING COMPONENTS
AND THE NANOPLANT MICROELEMENTS COMPLEX
WHEN INCRUSTING SEEDS ON THE YIELD
OF GARDEN CARROT**

SUMMARY

The results of a comparative study of the effect of seed encrustation with film-forming components (Gisinar M, PVA, VRP-3 and NaCMC) in combination with treatment with the Nanoplant-8 microelements complex on the yield of garden carrots are presented.

The greatest increase in the total yield of garden carrots, 13.6 % (4.5 t/ha), was obtained when using the preparation VRP-3 + Nanoplant 5.0 as a film-forming component. A positive trend in yield growth by 11.8–13.6 %, as well as marketability, was noted in variants with a higher concentration of the Nanoplant microelements complex.

Key words: garden carrot; seeds; incrustation; film-forming component; root crops; microelements; yield.

УДК 635.112:631.531.027.2:631.81.095.337

В. В. Опимах¹, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,
заведующий сектором столовых корнеплодов

Э. П. Урбан², член-корреспондент НАН Беларуси, доктор
сельскохозяйственных наук, профессор, первый заместитель
генерального директора по научной работе

С. Г. Азизбекян³, старший научный сотрудник

¹ РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук
Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству»,
аг. Самохваловичи, Минский район

² РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук
Беларуси по земледелию», г. Жодино

³ ГНУ «Институт физико-органической химии Национальной
академии наук Беларуси», г. Минск

ВЛИЯНИЕ ПЛЕНКООБРАЗУЮЩИХ КОМПОНЕНТОВ И КОМПЛЕКСА МИКРОЭЛЕМЕНТОВ НАНОПЛАНТ ПРИ ИНКРУСТАЦИИ СЕМЯН НА УРОЖАЙНОСТЬ СВЕКЛЫ СТОЛОВОЙ

РЕЗЮМЕ

Представлены результаты исследования влияния инкрустации семян пленкообразующими компонентами (Гисинар М, ПВА, ВРП-3 и NaKMЦ) в сочетании с обработкой комплексом микроэлементов Наноплант на продуктивность свеклы столовой.

Максимальную прибавку общей урожайности свеклы столовой 5,7 т/га (14,9 %) получили при применении в качестве пленкообразующего вещества препарата NaKMЦ + Наноплант 5,0. В целом в вариантах с большей концентрацией Нанопланта отмечены положительная тенденция роста урожайности на 12,5–14,9 %, а также повышение товарности.

Ключевые слова: свекла столовая; семена; инкрустация; пленкообразующий компонент; корнеплоды; микроэлементы; урожайность; товарность.

ВВЕДЕНИЕ

При высеве протравленных семян свеклы столовой пневматическими сеялками точного посева всходы получаются неравномерными, что в результате приводит к низкой товарности продукции. Неравномерность всходов вызвана не негативным действием протравителя на прорастающее семя, а тем, что при перемещении в пневматической сеялке обработанных семян образуется фракция пыли. Данная пыль и является причиной не 100 %-го прилипания семян к диску высевающего аппарата пневматической сеялки. Для предотвращения данного негативного явления при обработке семян (дражирование, инкрустация) в состав последнего наносимого слоя необходимо вводить пленкообразующий компонент.

Среди отечественных пленкообразующих компонентов для инкрустации семян наиболее перспективными являются следующие виды клеящих веществ: ВРП-3 полимер

**РАЗДЕЛ 1. СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО
КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР**

синтетический водорастворимый ТУ РБ 00280198.024-99; NaKMЦ – карбоксиметилцеллюлоза, марка 75 Б, ТУ2231-034-79249837-206 с изм. 1-17; Гисинар М, в. с. (водная суспензия) 150–200 г/л (сополимер натриевой соли акриловой кислоты и акриламида), ТУ ВУ 100050710.103-2007, а также ПВА – поливинилацетатный клей. При этом для оптимизации питательного режима в период прорастания семян важно проведение их обработки комплексом микроэлементов – жидким концентратом Наноплант-8, Ж, в состав которого входят 8 микроэлементов, с содержанием в г/л: не менее 0,25 – Zn, не менее 0,36 – Co, Mn, не менее 0,45 – Cu, Cr, Mo, Se, не менее 0,60 – Fe.

Пленкообразующий компонент можно использовать как самостоятельный финишный слой нанесения на семена. После его нанесения поверхность семени будет гладкой и блестящей, что позволит пневматическими сеялками точного высева работать без пропусков. А высевные семена с заданным интервалом обеспечат условия равномерного роста и развития растений, что, в свою очередь, является основой получения максимальной продуктивности и товарности возделываемой культуры. Целью нашей работы являлось определение урожайности и качества свеклы столовой при инкрустации семян пленкообразующим компонентом и микроэлементами.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Объектом исследования являлись семена свеклы столовой сорта Прыгажуня. Научно-исследовательская работа проводилась с использованием общепринятых методик и рекомендаций [1–5]. Во время вегетации осуществлялось наблюдение за ростом и развитием растений. В качестве пленкообразующего вещества для инкрустации семян испытывали: ВРП-3, NaKMЦ, Гисинар М, ПВА. Для изучения были выбраны концентрации пленкообразующего вещества 1, 2, 5, 10 %. Оптимальную концентрацию подбирали по результатам оценки лабораторной всхожести семян согласно ГОСТ 12038-84 [7]. Повторность опыта 4-кратная, по 25 семян в каждой чашке Петри. По результатам оценки лабораторная всхожесть необработанных семян составила 98 % при энергии прорастания 91 %. Полевые опыты в 2021–2023 гг. закладывались в стационарном овощном севообороте на дерново-подзолистой, легкосуглинистой почве с содержанием гумуса 2,5 %, рН KCl – 5,5, подвижных форм фосфора – 350 мг/кг и калия – 260 мг/кг почвы, нитратного азота – 4,7 мг/кг. Схема полевого опыта включала обработку семян протравителем ТМТД, ВСК 100 мл/кг; 2 %-м раствором пленкообразующего вещества. Для изучения использовали рабочие концентрации комплекса микроэлементов Наноплант 1,0; 3,0 и 5,0 мл/кг. Схема опыта:

- | | |
|--|--------------------------------------|
| 1. Необработанные; | 12. Фон + ВРП-3 + Наноплант 1,0; |
| 2. Фон (контроль) – ТМТД, ВСК (100 мл/кг); | 13. Фон + NaKMЦ + Наноплант 1,0; |
| 3. Фон + Гисинар М; | 14. Фон + Гисинар М + Наноплант 3,0; |
| 4. Фон + ПВА; | 15. Фон + ПВА + Наноплант 3,0; |
| 5. Фон + ВРП-3; | 16. Фон + ВРП-3 + Наноплант 3,0; |
| 6. Фон + NaKMЦ; | 17. Фон + NaKMЦ + Наноплант 3,0; |
| 7. Фон + Наноплант 1,0; | 18. Фон + Гисинар М + Наноплант 5,0; |
| 8. Фон + Наноплант 3,0; | 19. Фон + ПВА + Наноплант 5,0; |
| 9. Фон + Наноплант 5,0; | 20. Фон + ВРП-3 + Наноплант 5,0; |
| 10. Фон + Гисинар М + Наноплант 1,0; | 21. Фон + NaKMЦ + Наноплант 5,0. |
| 11. Фон + ПВА + Наноплант 1,0; | |

Статистическую обработку данных проводили по общепринятой методике с использованием программы Microsoft Excel [1].

**РАЗДЕЛ 1. СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО
КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР**

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В начале эксперимента в 2021 г. необходимо было подобрать пленкообразующие вещества и установить, при какой концентрации наступит снижение всхожести обработанных семян. В качестве пленкообразующего вещества для инкрустации семян испытывали ВРП-3, NaKMЦ, Гисинар М, ПВА. Для работы были выбраны концентрации пленкообразующего вещества 1, 2, 5, 10 %. Оптимальную концентрацию подбирали по результатам оценки лабораторной всхожести семян. Обработанные семена свеклы столовой пленкообразующими компонентами оценили в лабораторных условиях на всхожесть (табл. 1).

На основе полученных результатов для дальнейшей работы была выбрана 2 %-я концентрация клеящего вещества, поскольку более высокие концентрации значительно снижали всхожесть семян свеклы столовой. Кроме того, по результатам оценки урожайности в 2021 г. было установлено преимущество вариантов с концентрацией клеящего вещества 2 %. В связи со сложностью работы с микроэлементами было принято решение использовать готовый комплекс микроэлементов Наноплант в концентрации 1,0; 3,0 и 5,0 мл/кг. Оценена совместимость пленкообразующих компонентов с микроэлементами. Наноплант при смешивании с протравителями и водными растворами клеящих веществ не имел отрицательной реакции, раствор оставался стабильным 4,5–5,5 часа. Позже наблюдалось расслоение раствора, а после перемешивания он приобретает однородный состав (осадок отсутствует). Ввиду отсутствия технической возможности сушки семян в процессе протравливания мы отказались от послыйного нанесения компонентов инкрустации по схеме: микроэлементы + протравитель + клеящий состав. Был выбран более простой способ инкрустации – нанесение смеси всех компонентов: микроэлементы, протравитель, клеящий состав непосредственно на семена.

Проведена подготовка опытных партий семян свеклы столовой для закладки полевых опытов. Инкрустация семян включала комплекс микроэлементов Наноплант, протравитель, пленкообразующие вещества согласно схеме опыта (рис.).

Таблица 1 – Лабораторная всхожесть семян свеклы столовой после обработки пленкообразующим веществом, 2021 г.

Пленкообразующее вещество	Концентрация, %	Всхожесть семян, %
ВРП-3	97,5	93,7
	96,7	92,5
	95,2	89,6
	93,5	82,5
NaKMЦ	96,5	92,5
	95,6	90,5
	86,3	88,5
	80,5	79,1
Гисинар М	97,6	93,5
	97,5	92,3
	96,8	90,2
	95,2	89,6
ПВА	97,2	93,2
	96,1	91,2
	94,5	82,3
	82,1	80,2
Без обработки		97,6

**РАЗДЕЛ 1. СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО
КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР**



Рисунок – Семена свеклы столовой без обработки (слева)
и после проведения инкрустации (справа)

По результатам лабораторной оценки всхожесть обработанных семян свеклы столовой составила 93–97 %. Их высев проводили сеялками точного высева АКП 4,2 по гребневой технологии двухстрочным способом 62+8×70 см с оценкой равномерности. Уход за растениями осуществляли по общепринятой технологии возделывания свеклы столовой, проводили фенологические наблюдения и биометрические измерения. Были отмечены отличия в прохождении фенофаз на начальных этапах роста и развития растений при использовании различных концентраций Нанопланта (табл. 2).

Опережение роста и развития растений наблюдалось на начальных фазах вегетации (ВВСН 10-12) при концентрации комплекса микроэлементов Наноплант 5,0 мл/кг. В последующем данное опережение нивелируется. Растения свеклы столовой, обработанные меньшей концентрацией микроэлементов 1,0 и 3,0 мл/кг, начиная с фазы ВВСН 13-14 имели схожие показатели по росту и развитию (количество и размер листьев, начало фазы формирования корнеплода), как и в варианте с большей концентрацией.

Таблица 2 – Влияние инкрустации семян на развитие растений свеклы столовой, 2023 г.

Вариант	Фазы развития			
	ВВСН 10-12		ВВСН 13-14	
	количество листьев, шт.	высота розетки, см	количество листьев, шт.	высота розетки, см
Контроль	2,0	5,6	3,6	12,3
Гисинар М + Наноплант 1,0	2,0	6,2	3,8	13,1
ПВА + Наноплант 1,0	2,0	6,1	3,8	13,2
ВРП-3 + Наноплант 1,0	2,0	6,4	4,0	13,0
NaKMЦ + Наноплант 1,0	2,0	6,4	3,8	13,1
Гисинар М + Наноплант 3,0	2,0	6,8	4,0	13,2
ПВА + Наноплант 3,0	2,0	6,9	4,0	13,1
ВРП-3 + Наноплант 3,0	2,0	7,1	4,0	13,3
NaKMЦ + Наноплант 3,0	2,0	7,0	4,0	13,2
Гисинар М + Наноплант 5,0	2,0	7,3	4,0	13,2
ПВА + Наноплант 5,0	2,0	7,2	4,0	13,2
ВРП-3 + Наноплант 5,0	2,0	7,4	4,0	13,4
NaKMЦ + Наноплант 5,0	2,0	7,4	4,0	13,3

**РАЗДЕЛ 1. СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО
КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР**

При уборке культуры провели оценку урожайности и товарности полученной продукции согласно схеме опыта (табл. 3). Максимальную прибавку общей урожайности свеклы столовой 14,9 % получили при применении в качестве пленкообразующего вещества препарата NaKMЦ + Наноплант 5,0. В целом в вариантах с большей концентрацией Нанопланта отмечена положительная тенденция роста урожайности на 12,5–14,9 %, а также повышения товарности.

Согласно ранее проведенным исследованиям, применение Нанопланта в дозе 5 мл/кг на фоне обработок семян пленкообразующими компонентами Гисинар М, ВРП-3 и NaKMЦ оказало существенное влияние на качество корнеплодов свеклы столовой по совокупности исследуемых биохимических характеристик, обусловленное повышением сахаров в корнеплодах и отчасти сухих веществ [6].

В ходе исследований нами изучено влияние пленкообразующего компонента на посевные качества семян свеклы столовой после двух лет хранения (табл. 4). Всхожесть инкрустированных семян после хранения снизилась на 13,6–26,0 % в зависимости от варианта. Полученный результат оценки позволяет сделать вывод о необходимости инкрустировать семена в год использования или же использовать инкрустированные семена в первую очередь в следующем году, не допуская их хранения более двух лет. Итогом работы являлось определение параметров инкрустации семян свеклы столовой пленкообразующим компонентом для получения оптимальной густоты растений, которая способствует получению максимального урожая с высокой товарностью.

Таблица 3 – Влияние инкрустации семян на урожайность и товарность свеклы столовой, 2021–2023 гг.

Вариант	Урожайность, т/га	Прибавка урожая		Товарность, %
		т/га	%	
Необработанные	33,8*	-4,5	-17,6	86,2
Фон (контроль) – ТМТД, ВСК (100 мл/кг)	38,3	–	–	90,3
Фон + Гисинар М	39,0	0,7	1,8	87,2
Фон + ПВА	39,2	0,9	2,3	88,2
Фон + ВРП-3	39,5	1,2	3,1	89,2
Фон + NaKMЦ	39,5	1,2	3,1	90,2
Фон + Наноплант 1,0	41,1	2,8	7,3	90,1
Фон + Наноплант 3,0	41,6	3,3	8,6	90,3
Фон + Наноплант 5,0	42,4	4,1	10,7	90,6
Фон + Гисинар М + Наноплант 1,0	42,0	3,7	9,7	90,5
Фон + ПВА + Наноплант 1,0	41,7	3,4	8,9	90,4
Фон + ВРП-3 + Наноплант 1,0	41,8	3,5	9,1	91,2
Фон + NaKMЦ + Наноплант 1,0	41,8	3,5	9,1	91,5
Фон + Гисинар М + Наноплант 3,0	42,6	4,3	11,2	90,6
Фон + ПВА + Наноплант 3,0	42,5	4,2	11,0	91,4
Фон + ВРП-3 + Наноплант 3,0	42,8	4,5	11,7	91,3
Фон + NaKMЦ + Наноплант 3,0	42,6	4,3	11,2	91,3
Фон + Гисинар М + Наноплант 5,0	43,3	5,0	13,1	91,0
Фон + ПВА + Наноплант 5,0	43,1	4,8	12,5	91,8
Фон + ВРП-3 + Наноплант 5,0	43,6	5,3	13,8	91,2
Фон + NaKMЦ + Наноплант 5,0	44,0	5,7	14,9	91,5
НСР ₀₅	0,84			

* Не учитывался вариант при расчете наименьшей существенной разницы.

**РАЗДЕЛ 1. СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО
КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР**

Таблица 4 – Посевные качества инкрустированных семян свеклы столовой после двухлетнего хранения

Вариант	Энергия прорастания, %	Всхожесть, %
Необработанные	76,3	88,1
Фон (контроль) – ТМТД, ВСК (100 мл/кг)	55,5	72,3
Фон + Гисинар М	54,2	69,2
Фон + ПВА	62,2	76,1
Фон + ВРП-3	61,2	75,3
Фон + NaKMЦ	56,3	68,6
Фон + Наноплант 1,0	51,2	69,4
Фон + Наноплант 3,0	56,4	70,2
Фон + Наноплант 5,0	56,6	70,8
Фон + Гисинар М + Наноплант 1,0	53,3	66,3
Фон + ПВА + Наноплант 1,0	51,5	67,2
Фон + ВРП-3 + Наноплант 1,0	54,7	67,5
Фон + NaKMЦ + Наноплант 1,0	54,6	68,8
Фон + Гисинар М + Наноплант 3,0	58,4	66,7
Фон + ПВА + Наноплант 3,0	56,2	65,2
Фон + ВРП-3 + Наноплант 3,0	48,4	68,5
Фон + NaKMЦ + Наноплант 3,0	47,2	67,2
Фон + Гисинар М + Наноплант 5,0	52,4	68,7
Фон + ПВА + Наноплант 5,0	50,1	65,2
Фон + ВРП-3 + Наноплант 5,0	60,6	76,5
Фон + NaKMЦ + Наноплант 5,0	52,8	72,6

На основании проведенных исследований для производства рекомендуется при проведении инкрустации семян свеклы столовой в качестве пленкообразующего компонента применение ВРП-3, NaKMЦ, Гисинар М с рабочей концентрацией 2 %. Из микроэлементов следует использовать Наноплант в концентрациях 3–5 мл/кг. После инкрустации семена необходимо просушить до сыпучего состояния. Следует учесть срок хранения инкрустированных семян – не более двух лет.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании исследования инкрустации семян пленкообразующими компонентами (Гисинар М, ПВА, ВРП-3 и NaKMЦ) в сочетании с обработкой комплексом микроэлементов Наноплант установлено влияние на урожайность и товарность свеклы столовой.

Максимальную прибавку общей урожайности 14,9 % (5,7 т/га) получили при применении препарата NaKMЦ + Наноплант 5,0. В целом в вариантах с большей концентрацией Нанопланта отмечена положительная тенденция роста урожайности на 12,5–14,9 %, а также повышение товарности корнеплодов во всех этих вариантах.

Проведенная работа позволила сформулировать и рекомендовать к производству параметры инкрустации семян свеклы столовой пленкообразующим компонентом для получения оптимальной густоты растений.

Список литературы

1. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – 5-е изд., доп. и перераб. – М. : Агропромиздат, 1985. – 351 с.

2. Методика селекции и семеноводства овощных культур : материалы Всесоюз. семинара по методике селекции и семеноводства овощ. культур ; под общ. ред. Д. Д. Брежнева. – Л. : Колос, 1964. – 312 с.

3. Методика проведения испытания сортов на отличимость, однородность и стабильность / сост. В. А. Бейня [и др.]. – М., 2015. – С. 113–156, 192.

4. Методы селекции и семеноводства овощных корнеплодных растений: морковь, свекла, редис, редька, дайкон, репа, брюква, пастернак / Всерос. науч.-исслед. ин-т селекции и семеноводства овощ. культур ; под ред. В. Ф. Пивоварова, М. С. Бунина. – М. : Колос, 2003. – 284 с.

5. Методические указания по селекции сортов и гетерозисных гибридов корнеплодных растений (морковь, свекла, редис, редька, репа, брюква, пастернак) / Всесоюз. науч.-исслед. ин-т селекции и семеноводства овощ. культур, Всесоюз. науч.-исслед. ин-т растениеводства им. Н. И. Вавилова, Науч.-исслед. ин-т овощ. хоз-ва ; под ред. В. В. Квасникова. – М., 1987. – 84 с.

6. Влияние пленкообразующих компонентов и микроэлементного стимулятора Наноплант при инкрустации семян свеклы столовой на биохимический состав корнеплодов / В. В. Опимах [и др.] // Овощеводство : сб. науч. тр. / Ин-т овощеводства ; редкол.: А. И. Чайковский (гл. ред.) [и др.]. – Самохваловичи, 2022. – Т. 30. – С. 45–54.

7. Алексейчук, Г. Н. Физиологическое качество семян сельскохозяйственных культур и методы его оценки / Г. Н. Алексейчук, Н. А. Ламан. – Минск : Право и экономика, 2005. – 48 с.

Поступила в редакцию 11.12.2023 г.

V. V. OPIMAH, E. P. URBAN, S. G. AZIZBEKYAN

THE INFLUENCE OF FILM-FORMING COMPONENTS AND THE NANOPLANT MICROELEMENTS COMPLEX WHEN INCRUSTING SEEDS ON THE YIELD OF RED BEET

SUMMARY

The results of a study of the effect of seed encrustation with film-forming components (Gisinar M, PVA, VRP-3 and NaCMC) in combination with treatment with the Nanoplant microelements complex on the productivity of red beets are presented.

The maximum increase in the total yield of red beets of 5.7 t/ha (14.9 %) was obtained when using the preparation NaCMC + Nanoplant 5.0 as a film-forming component. In general, in variants with a higher Nanoplant concentration, a positive trend in yield growth by 12.5–14.9 % was noted, as well as an increase in marketability.

Key words: red beet; seeds; incrustation; film-forming component; root crops; microelements; yield; marketability.

УДК 634.739.3:736(476)

А. М. Пашкевич¹, заведующий сектором бобовых овощных культур
Ж. А. Рупасова², член-корреспондент НАН Беларуси, доктор биологических наук, профессор, заведующий сектором химии растений
А. И. Чайковский¹, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заместитель генерального директора по научной работе
Е. С. Досина-Дубешко¹, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, ученый секретарь

¹ РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству», аг. Самохваловичи, Минский район

² ГНУ «Центральный ботанический сад НАН Беларуси», г. Минск

ФОРМИРОВАНИЕ ЛИСТОВОГО АППАРАТА В КУЛЬТУРЕ МИКРОЗЕЛЕНИ ГОРОХА ОВОЩНОГО В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СПЕКТРАЛЬНОГО СОСТАВА СВЕТОДИОДНОГО ОСВЕЩЕНИЯ

РЕЗЮМЕ

Приведены результаты сравнительного исследования восьми вариантов спектрального состава светодиодного освещения на формирование листового аппарата микрозелени гороха овощного. Установлены различия по биометрическим показателям к воздействию исследуемого фактора. В выполненных экспериментах все испытываемые спектральные композиции оказывали стимулирующее влияние на рост и развитие листа гороха по сравнению с контролем. При этом наибольшее влияние спектра на рост и развитие листового аппарата наблюдалось при соотношении красного и синего света как 3 : 1.

Ключевые слова: светодиодное освещение; спектральный состав; горох овощной; микрозелень; биометрические показатели листа; длина листа; ширина листа; индекс листа; площадь листа.

ВВЕДЕНИЕ

Минеральное недоедание считается одной из важнейших глобальных проблем для человечества, которую можно предотвратить [1]. По данным ученых, более 60 % из 7 млрд жителей нашей планеты являются Fe-дефинитивными, более 30 % – Zn-, а 15 % – Se-дефинитивными. Кроме того, в развитых и развивающихся странах распространен недостаток в пище Ca, Mg и Cu [2]. Благодаря исследованиям установлено, что потребление овощей связано с сокращением случаев развития хронических заболеваний, таких как рак, сердечно-сосудистые и др. FAO и ВОЗ подчеркнули необходимость увеличения в рационе населения овощей, которые являются важным компонентом здорового питания [3]. По этой причине на 74-й сессии Генеральной Ассамблеи Организации Объединенных Наций с целью повышения осведомленности о важности овощей и фруктов для питания, здоровья и продовольственной безопасности 2021 г. был объявлен Международным годом овощей и фруктов (МГОФ). Как отметил Генеральный директор FAO, в ситуации, когда пандемия COVID-19 заставила человечество искать

новые пути в борьбе с голодом и неполноценным питанием, МГОФ акцентирует внимание на важности овощей и фруктов для повышения качества рациона и расширения рыночных возможностей сельхозпроизводителей [4].

Наряду с проблемами участвовавшего минерального дефицита существуют заболевания, вызванные недобросовестным использованием нитратных удобрений производителями овощей. Таким образом, овощи могут быть источником нитрата (NO_3^-), который сам по себе не является токсичным. Однако около 5 % потребляемых с ним нитрат-ионов распадаются в желудочно-кишечном тракте до более токсичного аниона нитрита (NO_2^-), а также оксида азота NO и N -нитрозосоединений, которые могут приводить к расстройствам, например, метагемоглобинемии (особенно у детей) [5]. В связи с этим последние тенденции мировых исследований направлены на изучение вопросов выращивания овощей со сниженным содержанием нитратов и повышенным содержанием минеральных компонентов.

Помимо всего, в современном мире актуальны вопросы обеспечения достаточного количества пищи и воды для населения Земли, сохранения биоразнообразия нашей планеты. Сельское хозяйство все чаще сталкивается с последствиями изменения климата, усилением конкуренции за воду, продуктивные земли, продолжением миграции из сельских районов в городские, растущим социальным беспокойством по поводу системы производства пищевых продуктов. Один из подходов к решению этих проблем – активизация сельскохозяйственного производства за счет увеличения производительности на единицу площади, но этого, вероятно, не будет достаточно. И уже сегодня ставится вопрос не о расширении площади пахотных земель и дальнейшем сокращении природных территорий, а о культивировании растений без почвы. Примером может служить выращивание овощей в городских условиях на протяжении всего года – это экономически выгодно и не требует применения удобрений и средств защиты растений. Также наблюдается устойчивая тенденция к противостоянию негативному воздействию современного сельского хозяйства, которая выражается в многочисленных инициативах по изменению существующих моделей производства и потребления пищевых продуктов. Примером служат «Дорожная карта к ресурсоэффективной Европе к 2050 г.», движение SlowFood, проект «Тысяча садов в Африке» и др. [4]. Подобные инициативы, объединяющие как производителей, так и потребителей, приводят к поиску новых форм производства высокоценных в белковом, минеральном и витаминном отношении растительных продуктов, к которым относится микрозелень.

Микрозелень (microgreens), также известная как «овощное конфетти», или микро-пряноотравье (microherbs), в случае ароматических трав – новый класс съедобных специализированных растений, определяемых как нежная незрелая зелень, выращенная из семян овощей, пряно-ароматических трав или зерновых культур, включая дикие виды. В зависимости от вида и условий выращивания микрозелень собирают на уровне почвы, то есть у основания гипокотилей, после появления первой пары настоящих листьев, когда семядоли полностью расширены, в течение 7–20 дней после прорастания семян [7].

Обычно микрозелень потребляется в сыром виде. При этом сохраняются все полезные свойства, благодаря чему данный класс органической продукции относится к категории «функциональных продуктов» со свойствами, способствующими укреплению здоровья, помимо основной функции обеспечения питательными веществами [8]. Зарубежные исследователи выявили, что микрозелень содержит большое количество фитонутриентов (аскорбиновая кислота, β -каротин, α -токоферол и филлохинон), минералов (Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Se и Mo) и более низкий уровень нитратов по сравнению с аналогами из зрелых листьев, плодов и семян [9].

В основном в микрозелени используются виды, принадлежащие семействам *Brassicaceae*, *Astteraceae*, *Chenopodiaceae*, *Lamiaceae*, *Apiaceae*, *Amarillydaceae*, *Amaranthaceae*, *Cucurbitaceae*. Отдельную популярность приобрели культуры семейства *Fabaceae* (бобовые), особенно горох овощной, который находится на первом месте по выращиванию и потреблению в виде микрозелени. Из-за высокой питательной ценности, обилия минералов и вторичных метаболитов микрозелень гороха стала ценным компонентом основных функциональных продуктов питания [10]. Она имеет огромное продовольственное значение, обеспечивая людей необходимыми для жизни биохимическими компонентами: «медленными» углеводами с низким гликемическим индексом, витаминами группы В, С, Е, липидами, белком, солями фосфора, калия, кальция, магния [10–13].

Вместе с тем микрозелень выращивается в закрытых контролируемых условиях (СЕА, controlled-environment agriculture) [14], в которых свет является одним из наиболее важных факторов для растений, поскольку он представляет собой не только источник энергии для фотосинтеза, но и сигнал для множества физиологических реакций. Количество света (интенсивность), продолжительность (фотопериод) и, самое важное, качество света (длина волны) являются ключевыми компонентами условий освещения [15].

Наиболее перспективная производственная стратегия микрозелени, обеспечивающая круглогодичное поступление данного функционального продукта потребителю на постоянной основе, заключается в использовании искусственного освещения, особенно актуального для нашей широты, обеспеченной в октябре – феврале только на 25 % от интеграла дневного света на открытом воздухе. Исходя из этого в Беларуси и в России, как и во всем мире, использование искусственных светодиодных источников света в культуре микрозелени ведется в направлении поиска оптимальных режимов освещения, обеспечивающих как высокий биохимический состав, так и высокие продукционно-биометрические характеристики данного продукта [14–20]. Однако в зарубежной литературе встречается крайне ограниченное количество информации о спектральном составе светодиодного освещения при выращивании микрозелени, а в отечественной эти данные до недавнего времени отсутствовали вовсе.

Сдерживающим фактором получения микрозелени является недостаточная изученность вопроса режимов освещения как во всем мире в целом, так и в нашей стране в частности: в Республике Беларусь исследования по данному вопросу ранее не проводились. По этой причине целью наших исследований явилось изучение влияния спектрального состава искусственного освещения на основе светодиодов на биометрические показатели листового аппарата микрозелени гороха овощного.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Научный эксперимент проводили на образцах микрозелени гороха овощного белорусской селекции (сорт Павлуша). Семена данной культуры отбирали из рабочей коллекции генетических ресурсов овощных культур РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству». Для исключения фактора низкокондиционного посевного материала определяли лабораторную всхожесть и энергию прорастания семян гороха существующей методикой. Установленная всхожесть составляла 95–98 %, энергия прорастания – 93–97 %. Затем посевной материал промывали и выдерживали в течение 12 ч в отстоянной воде со следующими показателями: температура +22 °С, рН 7,7, содержание хлора не более 1,1 мг/л. Перед посевом дезинфицировали семена 3 %-м раствором перекиси водорода с последующим промыванием. Посев выполняли сплошным методом по

**РАЗДЕЛ 1. СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО
КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР**

схеме 120 шт. семян на делянку; полив осуществляли через сугки по 60 мл на делянку водой с ранее указанными характеристиками.

Выращивание микрозелени проводили в поддонах (материал – полипласт, размер – 179×132 мм, объем – 750 мл, стерилизация поддонов – протирание 96 %-м этиловым спиртом). Грунтом для культивирования послужил подготовленный торфяной субстрат, который был проавтоклавирован в паровом автоклаве ВК-75-01 (время стерилизационной выдержки – 20 мин, температура – 132±2 °С, давление – 0,1 МПа). Опыты проводили в 3-кратной повторности в три цикла выращивания; расположение делянок происходило случайным (рэндомизированным) методом, размер каждой из них составлял 237 см², а площадь одного варианта – 0,4 м².

Культивирование опытных растений проводили в фитотроне в условиях светокультуры, который был оснащен облучательной фитоустановкой стеллажного типа FLORA LED 300/2/4 разработки и производства ГП «Центр светодиодных и оптоэлектронных технологий НАН Беларуси» с соотношением в спектре фотонного потока долей красного и синего света в диапазоне значений R / В от 1,3 до 10,5 и с распределением излучения в диапазоне 380–780 нм. Также были применены установленные нами оптимальные режимы освещения в более ранних исследованиях, составлявшие для гороха овощного по интенсивности 100 мкм/м²·сек и продолжительности 14 ч [21]. Схема научного эксперимента включала 8 вариантов, представленных в таблице 1 и на рисунке 1.

Контролем послужил вариант опыта № 3 с соотношением в спектре освещения относительных долей красного и синего света как 4 : 1. Выбор данного варианта в качестве условно оптимального вызван рядом исследований, в том числе проведенных Институтом экспериментальной ботаники НАН Беларуси [22–25], которые показали лучшее развитие разных видов растений и формирование их биохимического состава. Это послужило основанием для дальнейшего применения спектра R / В = 4,0 для производства ГП «Центр светодиодных и оптоэлектронных технологий НАН Беларуси» светодиодных светильников, используемых в тепличном растениеводстве.

Биометрические измерения длины и ширины листочка, подсчет индекса листочка выполнялись по общепринятой методике [26], определение площади листочков, а также площадь совокупной листовой поверхности проводилось путем сканирования листовых пластин с использованием программного средства APFill Ink Toner Coverage Meter 5.8 [27]. Все измерения проводились в 3-кратной повторности с последующей

Таблица 1 – Спектральный состав фотонного потока в вариантах производственного эксперимента, %

Спектр	B	G	R	FR	R / B
№ 1	22,4	45,3	29,8	2,5	1,3
№ 2	13,9	40,2	42,0	3,9	3,0
№ 3	11,3	38,6	45,7	4,3	4,0
№ 4	9,8	37,7	47,8	4,7	5,0
№ 5	8,3	36,8	49,9	5,0	6,0
№ 6	6,5	35,7	52,4	5,3	8,0
№ 7	5,6	35,2	53,7	5,5	9,5
№ 8	5,2	34,8	54,6	5,4	10,5

Примечание. Область допустимых значений для 95 % доверительного интервала: ±5 %; B – синий спектр; G – зеленый спектр; R – красный спектр; FR – дальнекрасный спектр; R / B – соотношение красного и синего спектров.

РАЗДЕЛ 1. СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО
КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР

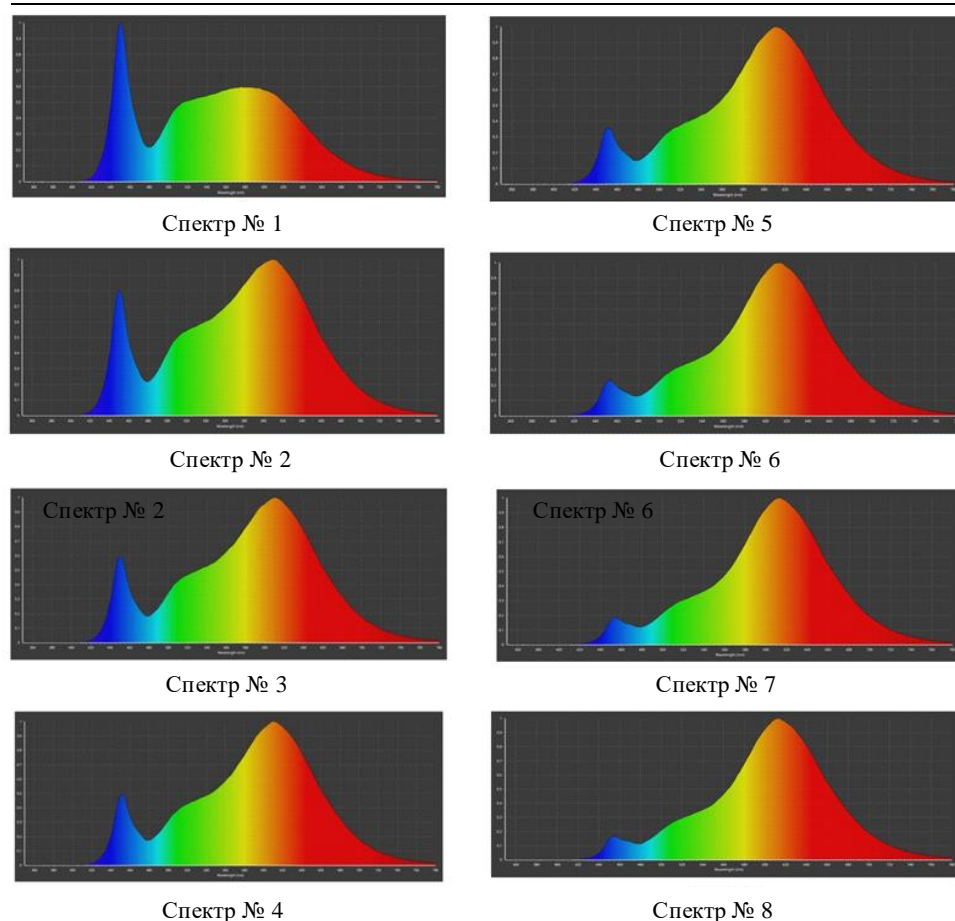


Рисунок 1 – Варианты спектрального состава светодиодного освещения в производственном эксперименте

статистической обработкой данных по принятой для биологических исследований методике с использованием программ Microsoft Office Excel 2007 и Statistica [28, 29]. Выявление наиболее перспективных комбинаций спектрального состава светодиодного освещения для формирования листового аппарата микрозеленью гороха овощного осуществляли с использованием способа ранжирования объектов по совокупности анализируемых признаков, защищенного патентом [30].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Оценку развития листового аппарата в культуре микрозелени гороха овощного сорта Павлуша проводили на 10-е сутки выращивания от всходов, то есть периода, когда растения достигают своего товарного вида при производстве данной продукции и подлежат уборке. Ввиду того, что для гороха овощного характерны парноперистые 2–3-листочковые листья, была проведена отдельная оценка 1-го, 2-го и 3-го листочков по таким признакам, как длина, ширина, индекс и площадь листочка. Также была определена совокупная площадь листовой поверхности всего опытного растения (табл. 2).

РАЗДЕЛ 1. СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО
КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР

Таблица 2 – Биометрические показатели листового аппарата микровзелени гороха овощного при различном спектральном составе светодиодного освещения

Спектральный состав	Длина листочка (d), мм		Ширина листочка (l), мм		Индекс листочка, d/l		Площадь листочка, мм ²	
	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	t	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	t	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	t	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	t
1-й листочек								
3 (R/B = 4,0) – контроль	8,1 ± 0,1	–	5,1 ± 0,1	–	1,6 ± 0,1	–	205,0 ± 2,9	–
1 (R/B = 1,3)	8,6 ± 0,1	3,1*	5,1 ± 0,1	–0,8	1,7 ± 0,1	3,3*	220,0 ± 3,5	3,6*
2 (R/B = 3,0)	9,2 ± 0,1	6,7*	7,2 ± 0,1	15,5*	1,3 ± 0,1	–13,3*	256,0 ± 2,3	10,2*
4 (R/B = 5,0)	10,1 ± 0,1	14,7*	5,1 ± 0,1	–0,8	2,0 ± 0,1	23,3*	224,7 ± 4,1	3,8*
5 (R/B = 6,0)	9,0 ± 0,1	6,9*	7,1 ± 0,1	14,7*	1,3 ± 0,1	–17,4*	272,0 ± 5,3	9,9*
6 (R/B = 8,0)	9,0 ± 0,1	6,9*	7,1 ± 0,1	14,7*	1,3 ± 0,1	–17,4*	266,7 ± 3,3	14,0*
7 (R/B = 9,5)	9,1 ± 0,1	7,0*	6,1 ± 0,1	7,0*	1,5 ± 0,1	–6,0*	267,5 ± 6,3	9,0*
8 (R/B = 10,5)	9,7 ± 0,1	8,3*	5,1 ± 0,1	–1,0	1,9 ± 0,1	8,1*	243,0 ± 7,2	4,9*
2-й листочек								
3 (R/B = 4,0) – контроль	7,1 ± 0,1	–	5,1 ± 0,1	–	1,4 ± 0,1	–	432,7 ± 4,7	–
1 (R/B = 1,3)	8,0 ± 0,4	1,9	5,5 ± 0,1	4,1*	1,4 ± 0,1	1,4	462,7 ± 3,5	19,0*
2 (R/B = 3,0)	10,1 ± 0,1	22,5*	10,1 ± 0,1	47,1*	1,0 ± 0,1	–11,6*	572,3 ± 2,6	16,3*
4 (R/B = 5,0)	9,1 ± 0,1	14,5*	6,1 ± 0,1	8,7*	1,5 ± 0,1	2,4	457,3 ± 1,8	2,8*
5 (R/B = 6,0)	9,2 ± 0,1	13,5*	7,1 ± 0,1	19,3*	1,3 ± 0,1	–3,2*	459,3 ± 1,2	3,1*
6 (R/B = 8,0)	9,2 ± 0,1	16,4*	7,1 ± 0,1	19,3*	1,3 ± 0,1	–3,6*	454,7 ± 2,9	4,0*
7 (R/B = 9,5)	10,1 ± 0,1	22,5*	8,2 ± 0,1	20,3*	1,2 ± 0,1	–4,4*	599,7 ± 10,1	15,0*
8 (R/B = 10,5)	9,1 ± 0,1	13,3*	6,1 ± 0,1	8,7*	1,5 ± 0,1	2,4	458,3 ± 1,5	5,3*
3-й листочек								
3 (R/B = 4,0) – контроль	9,3 ± 0,1	–	7,2 ± 0,1	–	1,3 ± 0,1	–	312,7 ± 8,8	–
1 (R/B = 1,3)	9,0 ± 0,1	–3,0*	7,0 ± 0,1	–1,0	1,3 ± 0,1	–2,0	360,0 ± 6,5	3,2*
2 (R/B = 3,0)	10,1 ± 0,1	13,9*	10,1 ± 0,1	36,7*	1,0 ± 0,1	–25,9*	578,0 ± 2,5	17,5*
4 (R/B = 5,0)	9,1 ± 0,1	–3,5*	8,1 ± 0,1	12,2*	1,1 ± 0,1	–14,4*	386,3 ± 8,4	4,5*
5 (R/B = 6,0)	9,1 ± 0,1	–3,5*	9,1 ± 0,1	22,3*	1,0 ± 0,1	–27,5*	415,3 ± 2,6	7,0*
6 (R/B = 8,0)	9,2 ± 0,1	–0,6	9,2 ± 0,1	19,6*	1,0 ± 0,1	–23,7*	415,0 ± 2,9	11,0*
7 (R/B = 9,5)	10,2 ± 0,1	9,8*	10,1 ± 0,1	36,7*	1,0 ± 0,1	–27,6*	613,0 ± 6,1	28,0*
8 (R/B = 10,5)	9,2 ± 0,1	–2,0	8,1 ± 0,1	12,2*	1,1 ± 0,1	–12,2*	413,7 ± 1,2	11,3*

* Статистически значимые по t-критерию Стьюдента различия с контролем при $p < 0,05$.

**РАЗДЕЛ 1. СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО
КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР**

На 10-е сутки выращивания микрозелени было установлено достоверное влияние спектрального состава освещения на развитие листа гороха овощного (практически все анализируемые показатели проявили себя статистически значимыми по *t*-критерию Стьюдента в сравнении с контролем при $p < 0,05$). Оценка длины листочков показала, что наиболее позитивный эффект действия спектрального состава оказали: для 1-го листочка спектры 4 и 8 ($R/V = 5,0$ и $R/V = 10,5$ соответственно), 2-го и 3-го – 2 и 7 ($R/V = 3,0$ и $R/V = 9,5$ соответственно). В отношении ширины листочков было установлено, что наилучшее их развитие приходилось: для 1-го листочка – на спектры 2, 5 и 6 ($R/V = 3,0$, $R/V = 6,0$ и $R/V = 8,0$ соответственно), для 2-го – на спектр 2 ($R/V = 3,0$), для 3-го листочка – на спектры 2 и 7 ($R/V = 3,0$ и $R/V = 9,5$ соответственно). Наибольшая площадь 1-го листочка была отмечена при соотношении красного спектра к синему как 6 : 1, 8 : 1 и 9,5 : 1 (варианты опыта № 5, 6, 7), 2-го и 3-го листочков – 3 : 1 и 9,5 : 1 (варианты опыта № 2 и 7). Совокупная площадь листовой поверхности, проявленная в товарном виде опытных образцов (хорошо сформированная, пышная, с равномерным распределением листьев), наиболее отзывчива оказалась к 2 и 7 вариантам спектрального состава светодиодного освещения ($R/V = 3,0$ и $R/V = 9,5$ соответственно) (рис. 2, табл. 3). Оценивая влияние спектрального состава на формирование минимальных показателей листового аппарата микрозелени гороха овощного, было установлено, что наименьшее развитие всех 3-х листочков приходилось на контрольный 3-й вариант опыта ($R/V = 4,0$) (табл. 2, 3).

Как видно, значительная ширина приведенных диапазонов варьирования обозначенных признаков (длина, ширина, индекс и площадь листочка, совокупная площадь листовой поверхности) свидетельствовала об их существенной зависимости от спектрального состава светодиодного освещения в культуре микрозелени гороха овощного (табл. 4). Лидирующее положение по числу позитивных сдвигов указанных показателей относительно контроля принадлежало вариантам опыта № 2 и 7 с соотношением красного спектра к синему как 3 : 1 и 9,5 : 1, тогда как наименьшим их количеством были отмечены варианты с соотношением красного спектра к синему как 1,3 : 1 и 4 : 1, характеризовавшиеся, соответственно, наименьшим количеством позитивных сдвигов.

Вместе с тем относительные размеры отклонений опытных вариантов от контроля по исследуемым признакам различались между собой, что частично не позволяло

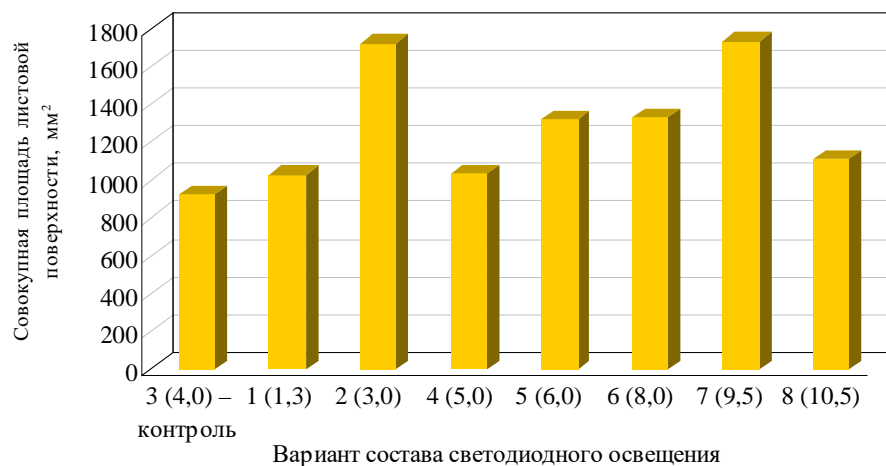


Рисунок 2 – Совокупная площадь листовой поверхности опытных образцов микрозелени гороха овощного в зависимости от спектрального состава светодиодного освещения

РАЗДЕЛ 1. СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО
КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР

Таблица 3 – Совокупная площадь листовой поверхности микрозелени гороха овощного при различном спектральном составе светодиодного освещения

Совокупная площадь листовой поверхности, мм ²	Спектральный состав							
	3 (R / B = 4,0) – контроль	1 (R / B = 1,3)	2 (R / B = 3,0)	4 (R / B = 5,0)	5 (R / B = 6,0)	6 (R / B = 8,0)	7 (R / B = 9,5)	8 (R / B = 10,5)
$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	921,0 ± 3,21	1 024,0 ± 8,33	1 716,7 ± 33,8	1 031,3 ± 21,8	1 316,7 ± 4,1	1 327,7 ± 9,8	1 732,3 ± 10,3	1 109,3 ± 35,8
<i>t</i>	–	9,68*	23,0*	4,6*	56,6*	35,5*	68,9*	5,0*

* Статистически значимые по *t*-критерию Стьюдента различия с контролем при *p* < 0,05.

Таблица 4 – Относительные различия биометрических показателей листового аппарата опытных образцов микрозелени гороха овощного при различном спектре светодиодного освещения с контрольным спектром светодиодного освещения 3 (R / B = 4,0), %

Спектральный состав	1-й листочек			2-й листочек			3-й листочек			Площадь листа общая			
	Длина	Ширина	Индекс	Площадь	Длина	Ширина	Индекс	Площадь	Длина		Ширина	Индекс	Площадь
1 (R / B = 1,3)	+6,2	–	+6,3	+7,3	–	–	–	+6,9	–3,2	–	–	+15,1	
2 (R / B = 3,0)	+13,6	+41,2	–18,8	+24,9	+42,2	+98,0	–	+32,3	+8,6	+40,3	–23,0	+84,8	
4 (R / B = 5,0)	+24,7	–	+25,0	+9,6	+28,2	+19,6	+7,1	+5,7	–2,2	+12,5	–15,4	+23,5	
5 (R / B = 6,0)	+11,1	+39,2	–18,8	+32,7	+29,6	+39,2	–7,1	+5,3	–2,2	+26,4	–23,0	+32,8	
6 (R / B = 8,0)	+11,1	+39,2	–18,8	+30,1	+29,6	+39,2	–7,1	+5,1	–1,1	+27,7	–23,0	+32,7	
7 (R / B = 9,5)	+12,3	+19,6	–6,3	+30,5	+42,2	+60,8	–	+38,6	+9,7	+40,3	–23,0	+96,0	
8 (R / B = 10,5)	+19,7	–	+18,8	+18,5	+28,2	+19,6	+7,1	+5,9	–1,1	+12,5	–15,4	+32,3	

* Статистически значимые по *t*-критерию Стьюдента различия с контролем при *p* < 0.

**РАЗДЕЛ 1. СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО
КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР**

дать объективную оценку степени преимуществ того или иного варианта относительно других в плане улучшения листовых характеристик продукции по совокупности признаков. В связи с этим и в соответствии с разработанным Ж. А. Рупасовой с соавторами способом ранжирования объектов по совокупности признаков [30] в каждом тестируемом варианте опыта было осуществлено суммирование относительных размеров положительных и отрицательных расхождений с контролем по пяти количественным характеристикам биометрических показателей листового аппарата опытных образцов микрорезлени гороха овощного (табл. 5).

По величине амплитуды выявленных различий была дана оценка степени изменений количественных характеристик листа гороха в ту и иную сторону, тогда как на основании кратного размера соотношения относительных размеров позитивных и негативных сдвигов можно было судить о степени преимуществ биометрических показателей листового аппарата микрорезлени в каждом тестируемом варианте опыта относительно контроля, приняв за 1 биометрические показатели листа последнего.

Как следует из таблицы 5, амплитуда выявленных отклонений от контроля по совокупности анализируемых признаков варьировалась в рамках эксперимента от 64 % при варианте спектра № 1 до 514,1 % при варианте спектра № 2, что свидетельствовало о минимальном в первом случае и максимальном во втором влиянии исследуемого фактора на формирование листовой поверхности у опытных образцов гороха овощного. Во всех вариантах опыта установлено доминирование относительных размеров позитивных сдвигов над негативными, что свидетельствовало о заметном улучшении количественных показателей листа по сравнению с контролем, в качестве которого, напомним, был принят вариант спектра № 3 (R / B = 4,0). Подтверждением этому могут служить также положительные значения совокупного эффекта в этих вариантах опыта в пределах 57,6–430,5 %. При этом в соответствии со снижением кратного размера соотношения положительных и отрицательных сдвигов в биометрических показателях листового аппарата относительно контроля, тестируемые варианты опыта расположились следующим образом:

$$2 (R / B = 3,0) > 7 (R / B = 9,5) > 6 (R / B = 8,0) = 5 (R / B = 6,0) > 8 (R / B = 10,5) > 4 (R / B = 5,0) > 1 (R / B = 1,3) > 3 К (R / B = 4,0).$$

Как видим, лидирующее положение в эксперименте по формированию листового аппарата микрорезлени гороха овощного, превосходившее таковой в контроле (спектр

Таблица 5 – Относительные размеры, амплитуды и соотношения разноориентированных различий с контролем вариантов опыта с разным спектральным составом светодиодного освещения по биометрическим показателям листового аппарата опытных образцов микрорезлени гороха овощного

Спектральный состав	Относительные различия, %				
	Положительные	Отрицательные	Амплитуда	Положительные / отрицательные	Совокупный эффект
1 (R / B = 1,3)	60,8	3,2	64,0	19,0	+57,6
2 (R / B = 3,0)	472,3	41,8	514,1	11,3	+430,5
4 (R / B = 5,0)	167,9	17,6	185,5	9,5	+150,3
5 (R / B = 6,0)	259,3	51,1	310,4	5,1	+208,2
6 (R / B = 8,0)	258,8	50,0	308,8	5,2	+208,8
7 (R / B = 9,5)	438,1	29,3	467,4	14,9	+408,8
8 (R / B = 10,5)	183,0	16,5	199,5	11,1	+166,5

№ 3) с соотношением красного спектра к синему как 4 : 1 в 11,3 раза, принадлежало варианту опыта № 2 с соотношением красного спектра к синему как 3 : 1. Стоит отметить, что спектр № 7 ($R / B = 9,5$), превосходивший контроль в 14,9 раза, в незначительной степени отделился от лидера опыта по совокупному эффекту. Варианты опыта № 5 и 6, превосходившие контрольный спектр в этом плане соответственно в 5,1 и 5,2 раза, показали практически одинаковый результат и уступали лидирующему варианту опыта почти в 2 раза. Что касается спектров № 8 и 4, то совокупный эффект по биометрическим показателям листового аппарата у них незначительно отличался друг от друга, но в 2,6–2,9 раза отставал от таковых у лидирующих спектров № 2 и 7, что позволило считать их в этом плане менее эффективными. Также неэффективным для формирования листа в культуре микрозелени гороха овощного нами признан спектр № 1 с практически одинаковым соотношением красной области к синей ($R / B = 1,3$), который уступал лидирующему спектру № 2 ($R / B = 3,0$) по совокупному эффекту биометрических показателей листового аппарата в 7,5 раза.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенного научного эксперимента в условиях фитотрона с 8-вариантной схемой влияния спектрального состава светодиодного освещения на формирование листового аппарата гороха овощного установлены различия по количественным характеристикам листа к воздействию исследуемого фактора. В культуре микрозелени все испытываемые спектральные варианты оказывали стимулирующее влияние на формирование листа по сравнению с контролем. При этом наибольшее влияние спектра на рост и развитие листового аппарата наблюдалось при соотношении красного и синего света как 3 : 1.

Список литературы

1. Miller, D. D. Food system strategies for preventing micronutrient malnutrition / D. D. Miller, R. M. Welch // *Food Policy*. – 2013. – V. 32. – P. 115–138. – Mode of access: <https://doi.org/10.1016/J.FOODPOL.2013.06.008>.
2. White, P. J. Biofortification of crops with seven mineral elements often lacking in human diets – iron, zinc, copper, calcium, magnesium, selenium and iodine / P. J. White, M. R. Broadley // *New Phytologist*. – 2009. – V. 182 (1). – P. 49–84. – Mode of access: <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2008.02738.x>.
3. World Health Organization. Fruit and vegetables for health: Report of a Joint FAO/WHO Workshop on Fruit and Vegetables for Health, 1–3 September 2004, Kobe, Japan [Electronic resource] / World Health Organization. – Mode of access: <https://iris.who.int/handle/10665/43143>. – Date of access: 23.11.2023.
4. ФАО объявляет о начале провозглашенного ООН Международного года овощей и фруктов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://fao.org/news/story/ru/item/1365067>. – Дата доступа: 23.11.2023.
5. Drinking water nitrate and prevalence of methemoglobinemia among infants and children aged 1–7 years in Moroccan areas / M. Sadeq [et al.] // *International Journal of Hygiene and Environmental Health*. – 2008. – V. 211 (5–6). – P. 546–554. – Mode of access: <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2007.09.009>.
6. Ebert, A. W. Sprouts, microgreens, and edible flowers: the potential for high value specialty produce in Asia / A. W. Ebert // *Proceeding SEAVEG 2012, Chiang Mai, Thailand*. 2012. 24–26 January (Conference paper). – P. 216–227.
7. Микрозелень, или система земледелия без почвы / М. И. Иванова [и др.] // *Гавриш*. – 2016. – № 6. – С. 34–42.

8. Renna, M. Microgreens: novel fresh and functional food to explore all the value of biodiversity / M. Renna // *South African Journal of Botany*. – 2016. – P. 51–79. – Mode of access: <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2016.05.002>.
9. Comparison between the mineral profile and nitrate content of microgreens and mature lettuces / E. Pinto [et al.] // *Journal of Food Composition and Analysis*. – 2015. – V. 37. – P. 38–43. – Mode of access: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2014.06.018>.
10. Butkutė, B. Small-seeded legumes as a novel food source. Variation of nutritional, mineral and photochemical profiles in the chain: raw seeds-sprouted seeds-microgreens / B. Butkutė, E. Norkevičienė, L. Taujenis // *Molecules*. – 2019. – V. 24. – P. 1–18. – Mode of access: <https://doi.org/10.3390/molecules24010133>.
11. Achievements and challenges in improving the nutritional quality of food legumes / M. C. V. Patto [et al.] // *Critical reviews in plant sciences*. – 2015. – V. 34: 1–3. – P. 105–143.
12. Путина, О. В. Углеводный состав семян и его связь с другими селекционно значимыми признаками у овощного гороха (*Pisum sativum* L.) в условиях Краснодарского края / О. В. Путина, С. В. Бобков, М. А. Вишнякова // *Сельскохозяйственная биология*. – 2018. – Т. 53. – № 1. – С. 179–188.
13. Xiao, Z. Evaluation and correlation of sensory attributes and chemical compositions of emerging fresh produce: Microgreens / Z. Xiao, G. Lester, R. A. Saftner // *Postharvest Biology and Technology*. – 2015. – V. 110. – P. 140–148. – Mode of access: <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2015.07.021>.
14. Turner, E. R. Microgreen nutrition, food safety, and shelf life / E. R. Turner, Y. Luo, R. Buchanan // *Journal of Food Science*. – 2020. – V. 85 (4). – P. 870–882. – Mode of access: <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15049>.
15. Jones-Baumgardt, Ch. Different Microgreen Genotypes Have Unique Growth and Yield Responses to Intensity of Supplemental PAR from Light-emitting Diodes during Winter Greenhouse Production in Southern Ontario, Canada / Ch. Jones-Baumgardt, D. Llewellyn, Y. Zheng // *Scientia Horticulturae*. – 2020. – V. 55. – P. 156–163. – Mode of access: <https://doi.org/10.21273/hortsci14478-19>.
16. A review on the effects of light-emitting diode (LED) light on the nutrients of sprouts and microgreens / X. Zhang [et al.] // *Trends in Food Science & Technology*. – 2020. – V. 99. – P. 1–15. – Mode of access: <https://doi.org/10.3390/molecules22122111>.
17. Blue and Red LED Illumination Improves Growth and Bioactive Compounds Contents in Acyanic and Cyanic *Ocimum basilicum* L. Microgreens / A. Lobiuc [et al.] // *Molecules*. – 2017. – V. 22 (2111). – P. 1–14. – Mode of access: <https://doi.org/10.3390/molecules22122111>.
18. Changes in mineral element content of microgreens cultivated under different lighting conditions in a greenhouse / A. Brazaitytė [et al.] // *Acta Horticulturae*. – 2018. – V. 1227. – P. 507–516. – Mode of access: <https://doi.org/10.17660/actahortic.2018.1227.64>.
19. Comparison of LED and HPS illumination effects on cultivation of red pak choi microgreens under indoors and greenhouse conditions / A. Brazaitytė [et al.] // *Acta Horticulturae*. – 2020. – V. 1287. – P. 395–402. – Mode of access: <https://doi.org/10.17660/actahortic.2020.1287.51>.
20. Yun, K. Growth and morphology responses to narrow-band blue light and its co action with low-level UVB or green light: A comparison with red light in four microgreen species / K. Yun, Y. Zheng // *Environmental and Experimental Botany*. – 2020. – V. 178 (104189). – P. 1–11. – Mode of access: <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2020.104189>.
21. Оптимизация режимов светодиодного освещения при производстве микрозелени овощных культур с целью повышения качества продукции : метод. рекомендации / А. М. Пашкевич [и др.]. – Минск : Право и экономика, 2022. – 44 с.

22. Обуховская, Л. В. Влияние спектрального состава света на приживаемость, рост и развитие микроклонально размноженных регенерантов *Betula pendula* var. *Carelica* (Metcl.) при адаптации *ex vitro* / Л. В. Обуховская, Т. В. Куделина, О. В. Молчан // Генетика и биотехнология XXI века: проблемы, достижения, перспективы : материалы 3-й Междунар. науч. конф., посвящ. 115-летию со дня рожд. акад. А. Р. Жебрака, Минск, 23–25 нояб. 2016 г. / Ин-т генетики и цитологии НАН Беларуси. – Минск, 2016. – 138 с.

23. Влияние LED-освещения разного спектрального состава на регуляцию ростовых и фотосинтетических процессов *A. thaliana* / Т. Н. Куделина [и др.] // Клеточная биология и биотехнология растений : тез. докл. III Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 24–27 мая 2022 г. / Белорус. гос. ун-т, Ин-т леса НАН Беларуси ; редкол.: В. В. Демидчик (гл. ред.) [и др.]. – Минск : БГУ, 2022. – С. 53–54.

24. Влияние света различного спектрального состава и интенсивности на содержание фотосинтетических пигментов в листьях и антоцианов в цветках растений *Catharanthus Roseus* G. Don. / В. О. Петринчик [и др.] // Молекулярные, мембранные и клеточные основы функционирования биосистем : Междунар. науч. конф. ; Двенадцатый съезд Белорус. обществ. объединения фотобиологов и биофизиков, Минск, 28–30 июня 2016 г. : сб. ст. : в 2 ч. / редкол.: И. Д. Вологовский [и др.]. – Минск : Изд. центр БГУ, 2016. – Ч. 1. – С. 73–76.

25. Влияние светодиодного освещения разного спектрального состава на морфогенез и вторичный метаболизм *Catharanthus roseus* (L.) в условиях *in vitro* и закрытого грунта / Л. Г. Лёшина [и др.] // Биология клеток растений *in vitro* и биотехнология : тез. докл. XI Междунар. конф., Минск, 23–27 сент. 2018 г. / Центральный ботанический сад НАН Беларуси ; редкол.: В. Н. Решетников [и др.]. – Минск : Медисонт, 2018. – С. 132–133.

26. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – 5-е изд., доп. и перераб. – М. : Агропромиздат, 1985. – 351 с.

27. Дмитриев, Н. Н. Методика ускоренного определения площади листовой поверхности сельскохозяйственных культур с помощью компьютерной технологии / Н. Н. Дмитриев, Ш. К. Хуснидинов // Вестн. КрасГАУ. – 2016. – № 7. – С. 88–93.

28. Боровиков, В. П. STATISTICA: Искусство анализа данных на компьютере: для профессионалов / В. П. Боровиков. – СПб. : Питер, 2003. – 686 с.

29. Теория вероятностей и математическая статистика. Математические модели : учеб. пособие для студ. вузов / В. Д. Мятлев [и др.]. – М. : Академия, 2009. – 320 с.

30. Способ ранжирования таксонов растения : пат. ВУ 17648 / Ж. А. Рупасова, В. Н. Решетников, А. П. Яковлев. – Опубл. 08.07.2013.

Поступила в редакцию 06.12.2023 г.

A. M. PASHKEVICH, ZH. A. RUPASOVA, A. I. CHAYKOVSKIY,
E. S. DOSINA-DUBESHKO

FORMATION OF THE LEAF APPARATUS OF GARDEN PEA IN THE CULTURE OF MICROGREENS DEPENDING ON THE SPECTRAL COMPOSITION OF LED LIGHTING

SUMMARY

The results of a comparative study of 8 variants of the spectral composition of LED lighting on the formation of the leaf apparatus of microgreen garden peas are presented.

Differences in biometric indicators to the effect of the studied factor have been established. In the experiments performed, all the spectral compositions tested had a stimulating effect on the growth and development of the pea leaf, compared with the control variant. At the same time, the greatest influence of the spectrum on the growth and development of the leaf apparatus was observed with a ratio of red and blue light as 3 : 1.

Key words: LED lighting; spectral composition; garden pea; microgreens; biometric indicators of a leaf; leaf length; leaf width; leaf index; leaf area.

УДК 635.21:631.532.2:631.527

Е. В. Радкович, кандидат биологических наук, доцент,
заведующий лабораторией иммунодиагностики картофеля

О. В. Соловей, кандидат сельскохозяйственных наук,
ведущий научный сотрудник

В. В. Анципович, заведующий отделом семеноводства картофеля

Н. А. Анципович, научный сотрудник

Ю. В. Гунько, заведующий отделом селекции картофеля

РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук
Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству»,
аг. Самохваловичи, Минский район

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА СЕМЕННОГО МАТЕРИАЛА И ОТБОР ЗДОРОВЫХ КЛОНОВ В СЕЛЕКЦИИ И СЕМЕНОВОДСТВЕ КАРТОФЕЛЯ

РЕЗЮМЕ

Приведены результаты тестирования клонов картофеля на наличие ХВК, УВК, СВК, МВК, ВСЛК, АВК, ВВКК, черной ножки картофеля (Patro), бурой бактериальной гнили (Rs), кольцевой гнили картофеля. Диагностику проводили методами ИФА и ПЦР. Выделены клоны, свободные от фитоинфекции.

Ключевые слова: картофель; вирусные болезни; бактериозы; иммуноферментный анализ (ИФА); полимеразная цепная реакция (ПЦР).

ВВЕДЕНИЕ

Одна из важнейших задач картофелеводства во многих странах мира, в том числе и в Беларуси, – получение свободного от вирусной, виroidной и бактериальной инфекции семенного материала картофеля. Картофель поражается с заметным экономическим ущербом по меньшей мере 54 видами фитопатогенных грибов, более 39 видами вирусов, 19 видами нематод, 3 видами фитоплазм и 11 видами бактерий [1]. Число болезней, которые они вызывают, намного больше, так как один и тот же вирус может инфицировать разные культурные растения. Они могут серьезно снижать урожайность всех сельскохозяйственных культур [2, 3].

Вирусные болезни – самая обширная и распространенная группа заболеваний картофеля. В Беларуси ущерб, причиняемый ими, составляет 20–30 % урожая, а иногда может достигать 80 % и более [4]. У больных растений значительно ухудшается пищевая ценность клубней: содержание сухого вещества снижается на 0,2–1,5 %, крахмала – на 0,5–3,0, витамина С – на 1,5–7,0 % [5]. Среди обнаруженных за последнее десятилетие новых болезней растений почти половина имеет вирусную природу. Непрерывно увеличивается число известных вирусов, а глобальное потепление расширяет ареалы насекомых-переносчиков и способствует увеличению их численности [6].

Серьезному ухудшению фитосанитарной ситуации на полях Беларуси способствует неконтролируемый завоз в страну семенного и посадочного материала из других стран без тщательной проверки [7].

Для регулярного мониторинга вирусного заражения семенного материала картофеля, своевременного выявления и удаления источников инфекции необходимо располагать чувствительными методами диагностики возбудителей вирусных болезней [8].

Во многих странах создана и функционирует единая система оценки качества семенного картофеля, включающая в себя диагностику различных болезней, в том числе и скрытой вирусной инфекции. В комплексе мероприятий по борьбе с вирусными, бактериальными и виroidными болезнями важное место отводится ранней и объективной диагностике, позволяющей оценить состояние растения, выявить и выбраковать пораженные. Своевременное обнаружение и удаление инфицированного материала позволяет эффективно предупредить распространение инфекции, тем самым снижая причиняемый ею ущерб [9]. Однако даже при строгом соблюдении технологического регламента выращивания семенного материала, основанного на комплексном применении наиболее эффективных агроприемов, позволяющих существенно ограничивать распространение вирусной инфекции в полевых условиях, существует определенный риск возникновения случаев новых заражений растений и перехода инфекции в клубни нового урожая [10].

Для системы оригинального семеноводства одним из основных этапов является отбор здоровых исходных растений. Во всех существующих схемах семеноводства этому этапу отводится существенная роль. Именно выделенные первоначально здоровые растения позволяют производить высококачественный материал последующих репродукций.

Комплексная система отбора здоровых растений позволяет получить высококачественный посадочный материал. В связи с тем, что провести массовое тестирование растений картофеля в период вегетации в полевых условиях довольно сложно, в Центре проводят отбор образцов, свободных от фитоинфекции, методом ИФА и ПЦР в сочетании с индексацией в лабораторных условиях в зимний период.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Материалом для исследований служили клоны картофеля перспективных сортов и гибридов белорусской селекции. Были поставлены следующие задачи: индексация клубней картофеля; тестирование растений-индексов методом ИФА; тестирование растений *in vivo* методом ПЦР; отбор растений, свободных от скрытой вирусной и бактериальной инфекции.

Индексацию проводили согласно методике послеуборочного глазкового теста [11]. Отобранные клубни отмывали, просушивали, маркировали и проращивали на свету при температуре 18–21 °С. Когда ростки достигали 5–7 мм, их вырезали с сектором околоростковой ткани клубня и оставляли на 24 часа для опробковения, после чего индексы высаживали в агроперлитовый субстрат. Выращивание индексов осуществляли при температуре 18–22 °С и освещенности 3 000–4 000 люкс при 16-часовом световом фотопериоде. При высоте растений 15–18 см проводили анализ листового материала растений-индексов на наличие скрытой вирусной и бактериальной инфекции методом ИФА.

ПЦР-анализ проводили в формате FLASH с использованием диагностических наборов ООО «АгроДиагностика» (Россия), применяли амплификатор, термостат. Детекцию результатов осуществляли на флуориметре «Джин».

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В 2020–2022 гг. в лаборатории иммунодиагностики картофеля РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по картофелеводству

**РАЗДЕЛ 1. СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО
КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР**

и плодовоовощеводству» была выполнена диагностика растений-индексов на наличие вирусов: ХВК, УВК, СВК, МВК, ВСЛК, АВК, ВВКК, Рагто и бурая бактериальная гниль (*Ralstonia solanacearum* (Rs) с применением метода ИФА.

Для выявления клонов картофеля, свободных от фитоинфекции, листовой материал отбирали с типичных растений, с хорошо развитыми морфологическими признаками, соответствующими данному сорту. К индексации подготовили и высадили 1 953 клон картофеля. Во время вегетации некоторые растения-индексы были выбракованы. В итоге к тестированию допустили 1 634 клон, из них 626 – не содержали вирусной и бактериальной инфекции, что составило 38,3 % от всех протестированных клонов картофеля (табл. 1).

Тестирование 97 клонов сорта Волат позволило выявить 95 из них, свободных от фитоинфекции, что составило 97,9 %. Из 98 клонов сорта Бриз чистыми оказались 87 (88,7 %). Из 97 клонов сорта Выток 84 не содержали фитоинфекции, что составило 86,6 %. В результате тестирования клонов гибрида 8875-11 выявлено 12 клонов, не содержащих фитоинфекции, что составило 80 % от протестированных. При диагностике 100 клонов сорта Живица, 99 клонов сорта Скарб, 66 клонов сорта Маг и 57 клонов сорта Першцавет выявлено от 75,4 до 79,0 % клонов, свободных от вирусной и бактериальной инфекции.

По результатам выполненного тестирования выявленная фитоинфекция присутствовала во всех клонах гибрида картофеля 123119-4 и сортов Крок и Лилея. Большое количество клонов, несущих фитоинфекции (от 97,6 до 99,0 %), было отмечено в клонах следующих гибридов: 143179-30, 072899-10, 1230636-9, 002561-10 и клонах сорта Архидея.

Таблица 1 – Результаты отбора клонов картофеля, свободных от скрытой вирусной и бактериальной инфекции, методом ИФА, 2020–2022 гг.

Сорт, гибрид	Количество клонов			
	высаженных, шт.	проверенных, шт.	здоровых	
			шт.	%
Волат	100	97	95	97,9
Бриз	99	98	87	88,7
Выток	100	97	84	86,6
8875-11	26	15	12	80,0
Живица	100	100	79	79,0
Скарб	100	99	78	78,8
Маг	99	66	51	77,3
Першцавет	99	57	43	75,4
Уладар	100	96	44	45,8
Рагнеда	100	47	18	38,4
Сапфир	4	4	1	25,0
Манифест	98	74	17	23,0
123056-6	100	52	8	15,4
Водар	30	20	2	10,0
002561-10	100	84	2	2,4
1230636-9	65	65	1	1,5
072899-10	100	81	1	1,2
Архидея	166	161	2	1,2
143179-30	100	97	1	1,0
123119-4	5	5	0	0
Крок	162	158	0	0
Лилея	100	61	0	0
Итого	1 953	1 634	626	38,3

**РАЗДЕЛ 1. СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО
КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР**

Диагностика методом ИФА на наличие бактериозов *Erwinia carotovora subsp Atroseptica* и *Ralstonia solanacearum* (Rs) показала, что весь проверенный материал свободен от этих патогенов.

Анализ зараженности вирусной и бактериальной инфекцией клонов исследуемых сортов и гибридов позволил установить, что вирусная инфекция представлена как в чистом, так и в смешанном виде (табл. 2).

Из таблицы видно, что больше всего клонов было поражено Y-вирусом картофеля, из 1 634 протестированных 535 (32,74 %) клонов несли этот вирус, S-вирус картофеля выявлен в 511 (31,3 %) клонах, MBK – в 394 (24,11 %) клонах.

Следует отметить, что L-вирус картофеля был выявлен всего в 51 клоне из 1 634 проверенных, что составляет 2,95 %. Максимальное количество клонов, пораженных L-вирусом картофеля, выявлено в клонах сорта Уладар, из 96 проверенных данный вирус обнаружен в 50 клонах. Протестированные клоны несколько меньше содержали X-вирус картофеля. Этот патоген был выявлен всего в 43 клонах, зараженность составила 2,49 %. Самый низкий процент был отмечен для АВК – были поражены всего 5 клонов из всех протестированных.

В дальнейшем отобранные по результатам ИФА здоровые клоны картофеля тестировали методом ПЦР в формате FLASH. Всего было выполнено 1 773 анализа на наличие ХВК, YВК, SBK, MBK, ВСЛК, АВК, ВВКК, кольцевой и бурой бактериальной гнили картофеля (*Ralstonia solanacearum* (Rs) (табл. 3).

Таблица 2 – Результаты зараженности клонов картофеля, протестированных методом ИФА, на наличие скрытой вирусной и бактериальной инфекции, 2020–2022 гг., шт.

Сорт, гибрид	Проверенные клоны	Вирус							Бактериоз	
		ХВК	YВК	SBK	MBK	ВСЛК	АВК	ВВКК	R _s	Patro
002561-10	84	0	72	71	10	0	0	0	0	0
072899-10	81	0	15	79	79	0	0	0	0	0
123036-6	52	0	18	2	27	0	0	0	0	0
123036-9	65	0	27	64	58	0	0	0	0	0
123119-4	5	1	0	5	0	1	0	0	0	0
143179-30	97	0	0	51	94	0	–	0	–	–
8875-11	15	0	0	3	0	0	0	0	0	0
Архидея	161	0	155	48	3	0	0	0	0	0
Бриз	98	0	2	7	2	0	1	0	0	0
Водар	20	0	12	0	13	0	0	0	0	0
Волат	97	0	2	0	0	0	0	0	0	0
Выток	97	0	13	0	0	0	0	0	0	0
Живица	100	0	20	1	0	0	0	0	0	0
Крок	158	40	25	155	65	0	4	0	0	0
Лилея	61	2	61	3	6	0	0	0	0	0
Маг	66	0	1	10	7	0	0	0	0	0
Манифест	74	0	57	0	0	0	0	0	0	0
Першацвет	57	0	12	0	3	0	0	0	0	0
Рагнеда	47	0	28	1	0	0	0	0	0	0
Сапфир	4	0	0	3	0	0	0	0	0	0
Скарб	99	0	15	6	0	0	0	0	0	0
Уладар	96	0	0	2	0	50	0	0	0	0
Всего	1 686	43	535	511	367	51	5	0	0	0
Зараженность, %		2,49	32,74	31,3	22,5	2,95	0,29	0	0	0

**РАЗДЕЛ 1. СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО
КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР**

Таблица 3 – Результаты тестирования клонов картофеля методом ПЦР, 2020–2022 гг.

Сорт, гибрид	Протестированные клоны, шт.	Клоны, свободные от инфекции	
		шт.	%
002561-10	2	2	100,0
072899-10	1	1	100,0
123056-6	8	8	100,0
143179-30	1	0	0
8875-11	10	7	70,0
Архидея	2	2	100,0
Бриз	9	9	100,0
Водар	2	2	100,0
Волат	10	9	90,0
Выток	8	7	87,5
Живица	9	8	88,9
Лилея	1	1	100,0
Маг	10	10	100,0
Манифест	15	15	100,0
Першацвет	12	10	83,0
Рагнеда	9	7	78,0
Сапфир	1	1	100,0
Скарб	19	18	94,7
Уладар	15	15	100,0
Итого	145	133	91,7

По результатам проведенного тестирования методом ПЦР из 145 клонов скрытая фитоинфекция не выявлена в 91,7 % от всего протестированного материала. Свободными от латентной вирусной, виroidной и бактериальной инфекции оказались клоны следующих сортов: Лилея, Архидея, Манифест, Маг, Водар, Уладар, Бриз, Сапфир и гибридов 123056-6, 072899-10 и 002561-10. Были отобраны здоровые клоны для дальнейшей работы по сортообновлению и тиражированию исходных линий картофеля.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате исследований по отбору здоровых клонов на каждом этапе работы отбраковывали сначала растения-индексы, которые не подходили для анализа, а затем и зараженные растения. Из подготовленных и высаженных 1 953 клонов протестировано на наличие ХВК, УВК, СВК, МВК, ВСЛК, АВК, ВВКК, Patro и бурой бактериальной гнили методом ИФА 1 634 клон, из них 626 не содержали вирусной и бактериальной инфекции, что составляет 38,3 % от всех протестированных клонов.

Анализ зараженности вирусной и бактериальной инфекцией клонов исследуемых сортов и гибридов позволил установить, что вирусная инфекция представлена как в чистом, так и в смешанном виде. Отмечено, что больше всего клонов было поражено У-вирусом картофеля – из всех протестированных 32,7 % клонов несли данный вирус, А-вирусом картофеля были заражены всего 5 клонов.

На этапе ПЦР-диагностики из 145 клонов 133 (91,7 %) свободны от скрытой вирусной, виroidной и бактериальной инфекции.

Применение комплексной диагностики для выявления клонов, свободных от фитоинфекции, позволяет получить высококачественный семенной материал для дальнейшего его использования в семеноводстве картофеля.

Список литературы

1. Ахатов, А. К. Болезни и вредители овощных культур и картофеля / А. К. Ахатов [и др.]. – М. : Товарищество научных изданий КМК, 2013. – 463 с.
2. Wirtschaftliche und epidemiologische Bedeutung der Virusresistenz. Resistenz von Kulturpflanzen gegen pflanzenpathogene Viren / D. Spaar [et al.]. – Stuttgart, New York, 1993. – P. 21–34.
3. Шпаар, Д. Борьба с вирусными и виroidными болезнями в Германии / Д. Шпаар, П. Шуманн // Защита растений. – 2001. – № 1. – С. 15–17.
4. Атлас болезней и вредителей картофеля / С. А. Турко [и др.]; под ред. В. Г. Иванюка // Науч.-практ. центр НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству. – Минск : Белпринт, 2008. – 168 с.
5. Hull, R. *Matthews Plant Virology* / R. Hull. – Academic Press San Diego, San Francisco, New York, Boston, London, Tokyo, 2002. – Fourth Edition. – 993 p.
6. Исследовательский Центр «ФитоИнженерия» – 2018. Методы молекулярной диагностики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.phytoengineering.ru>. – Дата доступа: 01.02.2018.
7. Иванюк, В. Г. Защита картофеля от болезней, вредителей и сорняков / В. Г. Иванюк, С. А. Банадысев, Г. К. Журомский. – Минск : РУП «Белорусский НИИ картофелеводства», 2003. – 550 с.
8. Родькина, И. А. Выявление эффективных инфекторов и накопителей МВК при производстве тест-систем для проведения ИФА / И. А. Родькина, Е. В. Радкович // Картофелеводство : сб. науч. тр. / Науч.-практ. центр НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству ; редкол.: С. А. Турко (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2015. – Т. 23. – С. 116–130.
9. Анисимов, Б. В. Фитопатогенные вирусы и их контроль в семеноводстве картофеля / Б. В. Анисимов. – М. : ФГНУ «Росинформагротех», 2004. – 80 с.
10. Анисимов, Б. В. Вирусные болезни и их контроль в семеноводстве картофеля / Б. В. Анисимов // Защита и карантин растений. – 2010. – № 5. – С. 12–18.
11. Методика проведения полевых обследований и послеуборочного контроля качества семенного картофеля. – М. : Икар, 2005. – 112 с.

Поступила в редакцию 24.11.2023 г.

E. V. RADKOVICH, O. V. SOLOVEY, V. V. ANTSIPOVICH,
N. A. ANTSIPOVICH, YU. V. GUNKO

**COMPLEX EVALUATION OF SEED MATERIAL AND SELECTION
OF HEALTHY CLONES IN POTATO BREEDING AND SEED
PRODUCTION**

SUMMARY

The results of testing potato clones for the presence of PVX, PVY, PVS, PVM, PLRV, PVA, PSTVd, black potato leg (Patro), brown bacterial rot (Rs), bacterial ring rot are presented. Diagnostics were carried out by ELISA and PCR methods. Clones free of phytoinfection were isolated.

Key words: potato; viral diseases; bacterioses; enzyme-linked immunoassay (ELISA); polymerase chain reaction (PCR).

УДК 634.739.3:736(476)

Ж. А. Рупасова¹, член-корреспондент НАН Беларуси,
доктор биологических наук, профессор, заведующий лабораторией
химии растений

В. С. Задаля¹, научный сотрудник

Т. В. Шпитальная¹, кандидат биологических наук,
заведующий лабораторией интродукции древесных растений

П. Н. Белый¹, кандидат биологических наук, ученый секретарь

А. С. Радковец², директор

М. А. Долбик², кандидат сельскохозяйственных наук, главный агроном

¹ ГНУ «Центральный ботанический сад НАН Беларуси», г. Минск

² ОАО «Тепличный комбинат «Берестье», д. Тельмы-1, Брестский район

ВЛИЯНИЕ ИСТОЧНИКОВ ИСКУССТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ НА СОСТОЯНИЕ ФОНДА ФОТОСИНТЕЗИРУЮЩИХ ПИГМЕНТОВ АССИМИЛИРУЮЩИХ И ГЕНЕРАТИВНЫХ ОРГАНОВ РАСТЕНИЙ ТОМАТА

РЕЗЮМЕ

Приведены результаты сравнительного исследования влияния искусственного освещения на формирование пигментного фонда пластид растений томата (сорт Фанто) в производственном эксперименте с 4-вариантной схемой: естественное освещение (контроль), использование натриевого светильника «ДНАТ» мощностью 600 Вт, а также светодиодов марок «Арлайт» и «Эвияр» мощностью 112 и 127 Вт соответственно. Установлено позитивное влияние всех источников освещения на насыщенность пигментного фонда пластид при разной степени проявления эффектов в ассимилирующих и генеративных органах растений.

Показано, что несмотря на более высокую насыщенность пигментного фонда ассимилирующих органов на фоне светодиодного освещения, наиболее выраженное усиление накопления пигментов в плодах томата по сравнению с контролем обнаружено при использовании натриевого светильника «ДНАТ», что указывает на некоторое замедление процесса их созревания при использовании светодиодов.

Ключевые слова: натриевый светильник; светодиоды; томаты; листья; плоды; фотосинтезирующие пигменты; хлорофиллы; каротиноиды.

ВВЕДЕНИЕ

Совершенствование технологии производства овощной продукции в условиях защищенного грунта, направленное на повышение урожайности и улучшение ее качественных показателей, предусматривает применение в этих целях искусственного освещения. В мировой практике овощеводства широкое распространение получили светодиодные светильники, обладающие рядом преимуществ перед традиционными источниками света – лампами накаливания в силу своей экономичности

и возможности регулирования спектрального состава и интенсивности светового потока в соответствии с физиологическими потребностями культивируемых растений. Вместе с тем при подборе оптимального для той или иной культуры источника дополнительного освещения представляется необходимым проведение сравнительных исследований по оценке влияния нескольких видов светильников не только на производственные, но и качественные показатели производимой продукции.

В настоящее время весьма актуальным при выращивании томата в защищенном грунте ОАО «Тепличный комбинат «Берестье» является выявление из трех вариантов досветки (с использованием натриевого светильника «ДНАТ» и двух марок светодиодов отечественного производства – «Арлайт» и «Эвиар») источника освещения, обеспечивающего максимальную урожайность плодов при хороших вкусовых свойствах и наиболее высоком содержании в них полезных веществ. Поскольку темпы продуцирования фитомассы и биосинтеза органических соединений в производимой продукции в значительной мере определяются состоянием пигментного фонда хлоропластов ассимилирующих органов растений, то особо важное значение обретает сравнительное исследование влияния тестируемых источников искусственного освещения на содержание в фотосинтезирующих органах культивируемых растений зеленых и желтых пластидных пигментов.

Цель исследований – выявление в производственном эксперименте с растениями томата источника искусственного освещения, обеспечивающего наиболее высокое содержание в ассимилирующих и генеративных органах хлорофиллов и каротиноидов, в том числе хлорофиллов *a* и *b*, а также восстановленных углеводов – β -каротина и их окисленных производных – ксантофиллов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Исследования выполнены в условиях защищенного грунта в ОАО «Тепличный комбинат «Берестье» на культуре томата (сорт Фанто) в рамках производственного эксперимента с 4-вариантной схемой: 1 – контроль (естественное освещение); 2 – использование натриевого светильника «ДНАТ» мощностью 600 Вт; 3 – использование светодиода марки «Арлайт» мощностью 112 Вт; 4 – использование светодиода марки «Эвиар» мощностью 127 Вт. Анализ состояния пигментного фонда опытных растений выполнен в лаборатории химии растений Центрального ботанического сада НАН Беларуси. В свежих усредненных пробах растительного материала определяли содержание фотосинтезирующих пигментов – хлорофиллов *a* и *b* по методу Т. Н. Годнева [2, 6], β -каротина и суммы каротиноидов – по ГОСТ 8756.22-80 [4]; сухих веществ – по ГОСТ 31640-2012 [3]. Все измерения и определения выполнены в 2-кратной биологической и 3-кратной аналитической повторности с последующей статистической обработкой экспериментальных данных по методике, принятой для биологических исследований [5] с использованием программы Microsoft Office Excel 2007 [1].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Результаты исследований, приведенные в таблицах 1 и 2, показали, что суммарное содержание хлорофиллов в сухой массе листовой ткани растений томата варьировалось в рамках эксперимента в весьма широком диапазоне, составлявшем 552,5–840,7 мг/100 г, в том числе хлорофилла *a* – 331,1–573,2 мг/100 г, хлорофилла *b* – 221,4–267,6 мг/100 г. При этом суммарное содержание каротиноидов варьировалось от 91,2 до 163,8 мг/100 г, в том числе β -каротина – от 36,4 до 89,3, а ксантофиллов –

РАЗДЕЛ 1. СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО
КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР

Таблица 1 – Содержание хлорофиллов в ассимилирующих органах растений томата при использовании разных источников освещения, мг/100 г

Вариант опыта	Хлорофиллы							
	a		b		a + b		a / b	
	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	t	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	t	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	t	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	t
1 – контроль (естественное освещение)	331,1 ± 1,3	–	221,4 ± 1,1	–	552,5 ± 2,3	–	1,5 ± 0,1	–
2 – «ДНАТ»	480,3 ± 5,1	28,1*	239,8 ± 1,0	12,5*	720,1 ± 6,2	25,4*	2,0 ± 0,1	39,2*
3 – «Арлайт»	573,2 ± 4,8	48,9*	267,6 ± 2,3	18,5*	840,7 ± 7,0	38,9*	2,1 ± 0,2	48,3*
4 – «Эвиар»	550,0 ± 4,0	52,2*	239,0 ± 1,9	8,2*	789,0 ± 5,9	37,4*	2,3 ± 0,3	35,7*

* Статистически значимые по t-критерию Стьюдента различия с контролем при $p < 0,05$.

Таблица 2 – Содержание каротиноидов в ассимилирующих органах растений томата при использовании разных источников освещения, мг/100 г

Вариант опыта	Каротиноиды						Хлорофиллы / каротиноиды			
	сумма	β -каротин		ксантофиллы		β -каротин / ксантофиллы				
		$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	t	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	t			$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	t	
1 – контроль (естественное освещение)	91,2 ± 1,7	–	43,5 ± 1,2	–	47,7 ± 0,5	–	0,9 ± 0,01	–	6,1 ± 0,09	–
2 – «ДНАТ»	113,1 ± 0,9	11,4*	65,4 ± 0,9	15,2*	47,7 ± 1,8	0	1,4 ± 0,07	6,6*	6,4 ± 0,01	3,5*
3 – «Арлайт»	143,4 ± 0,6	29,3*	36,4 ± 0,5	-5,6*	107,0 ± 0,1	110,7*	0,3 ± 0,01	-38,6*	5,9 ± 0,03	-2,2
4 – «Эвиар»	163,8 ± 0,7	39,7*	89,3 ± 0,6	34,9*	74,5 ± 1,3	18,8*	1,2 ± 0,03	8,8*	4,8 ± 0,02	-14,2*

* Статистически значимые по t-критерию Стьюдента различия с контролем при $p < 0,05$.

от 47,7 до 107,0 мг/100 г. Заметим, что минимальное количество фотосинтезирующих пигментов в исследуемых образцах установлено на фоне естественного освещения, тогда как максимальное – при использовании светодиодных светильников, причем в отношении зеленых пигментов наиболее эффективной оказалась марка «Арлайт», тогда как желтых – «Эвиар».

Что касается производных характеристик пигментного фонда пластид – соотношения количества хлорофиллов *a* и *b*, а также хлорофиллов и каротиноидов, то, несмотря на их более высокую генетическую детерминированность по сравнению с количественными параметрами накопления фотосинтезирующих пигментов, для них также была показана отчетливая зависимость от исследуемого фактора. Это подтверждалось весьма широкими диапазонами их варьирования – в пределах 1,5–2,3 в первом случае и 4,8–6,4 во втором. При этом диапазон изменения соотношения количества β -каротина и ксантофиллов соответствовал области значений 0,3–1,4 – минимальном на фоне светодиода марки «Арлайт» и максимальном при использовании светодиода марки «Эвиар» и особенно натриевого светильника «ДНАТ».

Следует отметить, что содержание пластидных пигментов в сухой массе плодов опытных растений заметно уступало установленному в листовой ткани – в 6–8 раз по количеству хлорофиллов и в 1,4–2,3 раза – по содержанию каротиноидов при более узких диапазонах варьирования параметров накопления, составлявших 94,3–114,9 мг/100 г в первом случае и 63,1–79,2 мг/100 г – во втором (табл. 3, 4). При этом изменения производных характеристик пигментного фонда были весьма незначительными и составляли для соотношения количества хлорофиллов *a* и *b* 0,5–0,7, указывая на приоритетную роль второго компонента, а для соотношения количества хлорофиллов и каротиноидов – 1,4–1,6, свидетельствуя о далеко не полном превращении первых во вторые на данной стадии созревания плодов томата. Вместе с тем диапазон варьирования в эксперименте соотношения количества наиболее ценных в физиологическом плане соединений – β -каротина и ксантофиллов оказался значительно шире – 1,0–4,3, что указывало на явную зависимость данного показателя от источника освещения при наибольшей активизации биосинтеза восстановленной формы желтых пигментов, как и в листовой ткани, на фоне светодиода марки «Эвиар».

Сопоставление анализируемых характеристик пигментного фонда листовой ткани и плодов томата в тестируемых вариантах опыта с контролем выявило существенные различия как в содержании, так и в соотношении его основных компонентов. Как следует из таблицы 5, все без исключения источники искусственного освещения способствовали заметной активизации биосинтеза обеих групп фотосинтезирующих пигментов как в листовой ткани, так и в плодах опытных растений по сравнению с естественным фоном, что подтверждалось увеличением общего содержания хлорофиллов в первом случае на 30–52 %, во втором – на 8–22 %. При этом наиболее выраженное обогащение листьев томата зелеными пигментами, преимущественно хлорофиллом *a*, происходило на фоне использования светодиодов, особенно марки «Арлайт», тогда как для плодов наиболее эффективным оказалось применение светильника марки «Эвиар» и несколько уступавшего ему в этом плане натриевого светильника «ДНАТ». Заметим, что при наименьшем в эксперименте обогащении плодов зелеными пигментами на фоне светодиода марки «Арлайт» не выявлено достоверных различий с контролем в соотношении количеств хлорофиллов *a* и *b*, тогда как на фоне светильника марки «Эвиар» обнаружена преимущественная активизация биосинтеза второго компонента, а на фоне натриевого светильника «ДНАТ» – первого.

РАЗДЕЛ 1. СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО
КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР

Таблица 3 – Содержание хлорофиллов в генеративных органах растений томата при использовании разных источников освещения, мг/100 г

Вариант опыта	Хлорофиллы							
	a		b		a + b		a / b	
	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	t	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	t	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	t	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	t
1 – контроль (естественное освещение)	34,8 ± 0,4	–	59,6 ± 0,4	–	94,3 ± 0,8	–	0,6 ± 0,01	–
2 – «ДНАТ»	46,6 ± 1,8	6,4*	66,2 ± 0,2	14,9*	112,7 ± 2,0	8,7*	0,7 ± 0,01	4,7*
3 – «Арлайт»	36,9 ± 0,6	3,1*	64,7 ± 0,3	10,5*	101,6 ± 0,3	8,4*	0,6 ± 0,01	–1,1
4 – «Эвийр»	39,2 ± 0,3	8,3*	75,8 ± 2,8	5,7*	114,9 ± 3,1	6,3*	0,5 ± 0,01	–4,3*

* Статистически значимые по t-критерию Стьюдента различия с контролем при $p < 0,05$.

Таблица 4 – Содержание каротиноидов в генеративных органах растений томата при использовании разных источников освещения, мг/100 г

Вариант опыта	Каротиноиды										Хлорофиллы / каротиноиды	
	сумма		β -каротин		ксантофиллы		β -каротин / ксантофиллы		β -каротин / ксантофиллы		Хлорофиллы / каротиноиды	
	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	t	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	t	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	t	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	t	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	t	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	t
1 – контроль (естественное освещение)	63,1 ± 0,4	–	43,1 ± 1,1	–	20,0 ± 1,5	–	2,2 ± 0,12	–	1,5 ± 0,02	–	1,5 ± 0,02	–
2 – «ДНАТ»	79,2 ± 0,9	16,3*	51,5 ± 0,3	7,4*	27,7 ± 0,6	4,8*	1,9 ± 0,03	–3,5*	1,4 ± 0,03	–1,8	1,4 ± 0,03	–1,8
3 – «Арлайт»	69,6 ± 0,6	9,3*	35,4 ± 0,8	–5,6*	34,2 ± 0,3	9,3*	1,0 ± 0,03	–5,2*	1,5 ± 0,01	0	1,5 ± 0,01	0
4 – «Эвийр»	71,3 ± 1,1	7,1*	57,3 ± 0,8	10,7*	14,0 ± 1,8	–2,8*	4,3 ± 0,63	3,1*	1,6 ± 0,04	1,9	1,6 ± 0,04	1,9

* Статистически значимые по t-критерию Стьюдента различия с контролем при $p < 0,05$.

РАЗДЕЛ 1. СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО
КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР

Таблица 5 – Относительные различия с контролем вариантов опыта с использованием разных источников освещения по содержанию хлорофиллов и каротиноидов в сухом веществе ассимилирующих и генеративных органов растений томата, %

Вариант опыта	Хлорофиллы			Каротиноиды			Хлорофиллы / каротиноиды	Совокупный эффект*		
	a	b	a + b	a / b	сумма	β-каротин / ксантофиллы			β-каротин / ксантофиллы	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Ассимилирующие органы										
2 – «ДНАТ»	+45,1	+8,3	+30,3	+33,3	+24,0	+50,3	–	+55,6	+4,9	+158,0
3 – «Арлайт»	+73,1	+20,9	+52,2	+40,0	+57,2	–16,3	+124,3	–66,7	–	+311,4
4 – «Эвиар»	+66,1	+8,0	+42,8	+53,3	+79,6	+105,3	+56,2	+33,3	–21,3	+358,0
Генеративные органы										
2 – «ДНАТ»	+33,9	+11,1	+19,5	+16,7	+25,5	+19,5	+38,5	–13,6	–	+148,0
3 – «Арлайт»	+6,0	+8,6	+7,7	–	+10,3	–17,9	+71,0	–54,5	–	+85,7
4 – «Эвиар»	+12,6	+27,2	+21,8	–16,7	+13,0	+32,9	–30,0	+95,5	–	+77,5

Примечание. Прочерк (–) означает отсутствие статистически значимых по *t*-критерию Стьюдента различий с контролем при $p < 0,05$.

* Совокупный эффект установлен путем сложения данных столбцов 2, 3, 4, 6, 7 и 8 с учетом их знака.

РАЗДЕЛ 1. СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР

Что касается желтых пластидных пигментов, то применение испытываемых источников искусственного освещения приводило к увеличению их общего содержания в листовой ткани на 24–80 % по сравнению с контролем, наиболее значительному, как, впрочем, и зеленых пигментов, при использовании светодиодов, но в отличие от хлорофиллов, наиболее эффективным здесь оказалось применение светильников марки «Эвияр» (см. табл. 5). В этом случае отмечено также наиболее выраженное в эксперименте обогащение листовой ткани самым ценным компонентом каротиноидного комплекса – β -каротином на фоне уступавшего ему вдвое усиления накопления ксантофиллов. При этом более высокие темпы накопления каротиноидов, нежели хлорофиллов, обусловили значительное усиление позиций первых в светособирающем комплексе листьев томата, что нашло отражение в снижении соотношения количеств зеленых и желтых пигментов. В отличие от данного варианта освещения, при использовании светодиодов марки «Арлайт» происходило, напротив, существенное ингибирование биосинтеза β -каротина, подтвержденное снижением его содержания на 16 % по сравнению с контролем при наибольшей в эксперименте активизации накопления ксантофиллов, что нашло отражение в соответствующем изменении соотношения их количеств относительно контроля.

Несмотря на значительно меньшее по сравнению с ассимилирующими органами содержание в плодах желтых фотосинтезирующих пигментов, тем не менее межвариантные различия в их накоплении проявились весьма отчетливо (см. табл. 5). При этом использование всех испытываемых источников освещения способствовало увеличению в них общего содержания каротиноидов на 10–26 % относительно контроля, наибольшему при освещении натриевым светильником «ДНАТ» и примерно вдвое меньшему при светодиодном освещении. Вместе с тем на фоне применения светильника марки «Арлайт» выявлено аналогичное установленному в листовой ткани ингибирование биосинтеза β -каротина на 18 %, сопровождавшееся активизацией накопления ксантофиллов на 71 %, тогда как при использовании светодиода марки «Эвияр» обнаружена противоположная этой картина – увеличение выхода β -каротина на 33 % и снижение такового ксантофиллов на 30 %.

Таким образом, выявленные столь выразительные межвариантные различия в составе пигментного фонда пластид ассимилирующих и генеративных органов опытных растений свидетельствовали о существенном влиянии на его формирование условий освещения. С целью установления источников света, обеспечивших максимальное и минимальное усиление накопления фотосинтезирующих пигментов по сравнению с контролем, для каждого варианта опыта были определены суммарные значения относительных размеров положительных и отрицательных различий с ним по общему количеству хлорофиллов и каротиноидов, а также по содержанию основных форм данных групп пластидных пигментов.

Возвращаясь к таблице 5, нетрудно убедиться в позитивном характере влияния всех источников искусственного освещения на насыщенность пигментного фонда ассимилирующих и генеративных органов опытных растений. Вместе с тем степень проявления полученных эффектов в листовой ткани и плодах томата оказалась различной. Так, при использовании натриевого светильника «ДНАТ» для ассимилирующих органов было показано примерно вдвое меньшее, чем при светодиодном освещении, превышение контрольного уровня совокупности обозначенных признаков, что указывало на менее значительные в этом варианте опыта потенциальные возможности к осуществлению фотосинтетических процессов. При этом в генеративных органах в данном случае наблюдалась противоположная картина, указывавшая на более значительное

(в 1,7–1,9 раза), чем при использовании светодиодов, превышение контрольного уровня данного показателя. Как видим, несмотря на то, что ассимилирующие органы опытных растений характеризовались наиболее насыщенным пигментным фондом на фоне светодиодного освещения, особенно при применении светильника марки «Эвияр», наибольшее усиление накопления фотосинтезирующих пигментов в генеративных органах обнаружено при использовании натриевого светильника «ДНАТ». На наш взгляд, это свидетельствует о некотором замедлении процесса созревания плодов томата в первом случае, обусловившем отставание в формировании в них пигментного фонда в этот период.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате сравнительного исследования влияния искусственного освещения на формирование пигментного фонда пластид растений томата сорта Фанто в производственном эксперименте с 4-вариантной схемой: естественное освещение (контроль), использование натриевого светильника «ДНАТ» мощностью 600 Вт, а также светодиодов марок «Арлайт» и «Эвияр» мощностью 112 и 127 Вт соответственно установлено позитивное влияние всех источников освещения на насыщенность пигментного фонда пластид при разной степени проявления эффектов в ассимилирующих и генеративных органах растений. В листовой ткани максимальное накопление фотосинтезирующих пигментов обеспечивало использование светодиодов при наибольшей эффективности в отношении хлорофиллов марки «Арлайт», а каротиноидов – марки «Эвияр», на фоне чего и в плодах томата выявлена более выраженная активизация биосинтеза пигментов, в том числе β -каротина.

Показано, что несмотря на более высокую насыщенность пигментного фонда ассимилирующих органов на фоне светодиодного освещения, наиболее выраженное усиление накопления пигментов в плодах томата по сравнению с контролем обнаружено при использовании натриевого светильника «ДНАТ», что указывает на некоторое замедление процесса их созревания при использовании светодиодов.

Список литературы

1. Боровиков, В. П. STATISTICA: Искусство анализа данных на компьютере / В. П. Боровиков. – СПб. : Питер, 2001. – 344 с.
2. Годнев, Т. Н. Хлорофилл: его строение и образование в растении / Т. Н. Годнев. – Минск : Изд-во Акад. наук БССР, 1963. – 318 с.
3. Корма. Методы определения содержания сухого вещества : ГОСТ 31640-2012. – Введ. 01.07.13. – М. : Стандартинформ, 2012. – 11 с.
4. Продукты переработки плодов и овощей. Метод определения каротина : ГОСТ 8756.22-80. – Введ. 01.01.81. Дата последнего изменения 13.07.2017. – М. : Изд-во стандартов, 2010. – 6 с.
5. Теория вероятностей и математическая статистика. Математические модели : учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / В. Д. Мятлев [и др.]. – М. : Академия, 2009. – 320 с.
6. Фотосинтез. Методические рекомендации к лабораторным занятиям, задания для самостоятельной работы и контроля знаний студентов / авт.-сост. Л. В. Кахнович. – Минск : Изд-во Белорус. гос. ун-та, 2003. – 88 с.

Поступила в редакцию 22.11.2023 г.

ZH. A. RUPASOVA, V. S. ZADALYA, T. V. SHPITALNAYA,
P. N. BELIY, A. S. RADKOVETS, M. A. DOLBIK

**THE INFLUENCE OF ARTIFICIAL LIGHTING ON THE STATE
OF THE FUND OF PHOTOSYNTHETIC PIGMENTS
OF ASSIMILATING AND GENERATIVE ORGANS
OF TOMATO PLANTS**

SUMMARY

The results of a study of the effect of artificial lighting on the formation of a pigments fund of plastids of tomato plants (Fanto variety) in a production experiment with a 4-variant scheme – natural lighting (control), using a DNAT sodium lamp with a power of 600 W, as well as LEDs of the brands Arlight and Eviyar with a power of 112 and 127 W, respectively. The positive effect of all light sources on the saturation of the pigment fund of plastids has been established with varying degrees of manifestation of the effects in the assimilating and generative organs of plants.

It has been shown that despite the higher saturation of the pigment fund of the assimilating organs against the background of LED lighting, the most pronounced increase in the accumulation of pigments in tomato fruits compared to the control was found when using a DNAT sodium lamp, which indicates a slight slowdown in the process of their maturation when using LEDs.

Key words: sodium lamp; LEDs; tomatoes; leaves; fruits; photosynthetic pigments; chlorophylls; carotenoids.

УДК 635.21:631.524.86:

Н. В. Русецкий, кандидат биологических наук, доцент,
ведущий научный сотрудник

В. А. Козлов, доктор сельскохозяйственных наук, доцент,
заведующий лабораторией генетики картофеля

А. В. Чашинский, кандидат сельскохозяйственных наук,
доцент, ведущий научный сотрудник

Т. В. Семанюк, старший научный сотрудник

РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук
Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству»,
аг. Самохваловичи, Минский район

ИСКУССТВЕННОЕ ИНФИЦИРОВАНИЕ СЕЯНЦЕВ КАРТОФЕЛЯ ПЕРВОГО ГОДА ВИРУСАМИ СВК И МВК И ОТБОР УСТОЙЧИВЫХ ОБРАЗЦОВ

РЕЗЮМЕ

Приведены результаты исследований по искусственному инфицированию сеянцев первого года вирусами S и M в гибридных популяциях картофеля, полученных от скрещивания выделенных родительских форм с наличием в их геноме по ДНК-маркированию генов устойчивости – Ns, Rm и Gm. Осуществлена отбраковка восприимчивых сеянцев и выделены гибридные популяции с высоким процентом отбора относительно устойчивых к S-, M- вирусам образцов картофеля. Для дальнейшего изучения и селекционной проработки в полевых питомниках отобрано 1 012 гибридных потомков, относительно устойчивых к исследуемым патогенам.

Ключевые слова: картофель; вирусные болезни; PVS; PVM; инфекционный фон; сеянец; гибрид; гибридная популяция; генотип; устойчивость; ИФА.

ВВЕДЕНИЕ

Картофель (*Solanum tuberosum*) является третьей по важности пищевой культурой в мире после риса и пшеницы, а также служит основным продуктом питания для 1,3 млрд чел. [1]. Его производство в основном сдерживается несколькими биотическими и абиотическими факторами, из которых вирусные заболевания представляют собой серьезные ограничения, поскольку они ухудшают качество семенного фонда клубней, что приводит к снижению урожайности культуры, качества продукции и склонности к восприимчивости к другим патогенам [2, 3]. На сегодняшний день во всем мире зарегистрировано более 50 вирусов, инфицирующих картофель [4]. Среди всех PVM представитель рода *Carlavirus* считается одним из наиболее распространенных и экономически важных вирусов, поражающих картофель во всем мире [5, 6]. Потери урожая из-за влияния различных вирусов варьируют в широких пределах – от 10 до 100% [7, 8].

Из большого числа вирусов, способных поражать картофель, в Республике Беларусь только 10 считаются наиболее распространенными: X-вирус картофеля (PVX; *Potexvirus*), Y-вирус картофеля (PVY; *Potyvirus*), A-вирус картофеля (PVA; *Potyvirus*), M-вирус картофеля (PVM; *Carlavirus*), S-вирус картофеля (PVS; *Carlavirus*), вирус

скручивания листьев картофеля (PLRV; *Polerovirus*), вирус аюкуба мозаики картофеля (PAMV; *Potexvirus*), вирус погрелковости табака (Tobacco rattle virus, TRV; *Tobravirus*), вирус мозаики люцерны (AMV; *Alfamovirus*) и вирус метельчатости верхушки картофеля (мор-top, PMTV; *Potomovirus*).

Как S-вирус картофеля (SBK, Potato virus S, PVS), так и M-вирус картофеля (MBK, Potato virus M, PVM) являются представителями рода *Carlavirus* и относятся к семейству *Betaflexiviridae*. По способу передачи от больного к здоровому растению они могут распространяться как контактно-механическим путем, так и с помощью векторов – тлями, клопами и картофельной коровкой.

К настоящему времени эти вирусы по степени распространенности на картофеле заняли лидирующие позиции в большинстве стран мира. В нашей республике, по данным мониторинга распространения вирусных болезней, проведенном в 2005–2010 гг., пораженность посадок картофеля в хозяйствах различных форм собственности в разрезе областей составляет: MBK – от 22,3 по Гомельской до 72,9 % по Гродненской, SBK – от 32,8 по Гомельской до 48,9 % по Витебской. По результатам исследований, проведенных в 2016–2020 гг., получены следующие данные: MBK – от 28,6 по Витебской до 57,2 % по Гомельской, SBK – от 32,0 по Гродненской до 55,2 % по Витебской.

О широком распространении S- и M-вирусов и необходимости вовлечения в селекционный процесс источников устойчивости к этим патогенам отмечается в [9, 10]. Вредоносность у этих вирусов не одинаковая и колеблется в широких пределах. Одни авторы указывают, что потери урожая при смешанной инфекции S- и X-вирусов могут варьировать от 21,1 до 83,8 % [11], по данным же других, вредоносность S-вируса не превышает 10,0–20,0 % [12]. Этот патоген имеет в растениях картофеля латентное (скрытое) вирусоносительство. Симптомы, которые вызывает данный вирус на ботве, чаще всего проявляются при поражении сильными штаммами – общий хлороз, отставание в росте, яркая мозаика, крапчатость; слабыми – посветление, слабая мозаичность и бронзовость листьев.

По данным М. Chrzanowska и др. [13], потери урожая от заболевания, вызываемого M-вирусом, варьируют от 10 до 75 %. При этом самые большие потери от этого вируса проявляются при поражении сильным штаммом и у очень чувствительных генотипов картофеля.

Общепризнанно, что самым надежным и экологически безопасным методом предотвращения риска распространения вирусной инфекции и снижения степени ее вредоносности является выведение устойчивых сортов. Особую значимость имеет создание сортов с комплексной устойчивостью к важнейшим заболеваниям, возделывание которых позволит существенно сократить применение ядохимикатов, облегчит ведение семеноводства культуры, повысит общую рентабельность картофелеводства.

Сортов картофеля с высокой степенью устойчивости к M-вирусу, возделываемых во многих странах мира, очень мало, а крайне устойчивых нет и вовсе. Относительно высокий уровень устойчивости к PVM в полевых условиях показывают сорта польской селекции: Triada, Korona и Kuklik (оценка 7 баллов) [14].

Исходя из литературных данных, известно, что у картофеля рода *Solanum* выявлено два типа доминантных генов устойчивости к PVM: ген *Rm*, отвечающий за сверхчувствительную некротическую реакцию (HS – hyper sensitivity), происходящий от *S. megistacrolobum* [15], и ген *Gm*, которым обладают некоторые образцы дикого вида *S. gourlayi*, обеспечивающий устойчивость к инфекции, связанную с медленным размножением и медленным системным распространением вируса в тканях растения [16, 17]. Также устойчивые к M-вирусу образцы были выделены среди видов *S. stoloniferum* и *S. microdontum* [18].

По устойчивости к S-вирусу селекция в основном базируется на типе устойчивости, связанном со сверхчувствительной реакцией, происходящей от боливийской линии PI 258907 (*ssp andigena*), которая обусловлена одним доминантным геном *Ns*. С использованием этого гена созданы сорта картофеля, устойчивые к S-вирусу, – *Barucz*, *Kiera*, *Meduza*, *Omulew*, *Szignal*, *Fantasia*, *Adretta* и др. [17].

Таким образом, необходимым условием для осуществления успешной селекции является наличие источников и доноров устойчивости к M- и S- вирусам с эффективными генами, контролирующими этот признак. Поэтому создание исходных форм с заданными характеристиками для селекции на устойчивость к данным патогенам является весьма необходимой и важной задачей. Для этого в предшествующий период нами был осуществлен поиск и выделение с применением методов ИФА и ПЦР генетических источников, имеющих в своем генотипе аллели, отвечающие за устойчивость к S- и M-вирусам картофеля и проведена гибридизация для получения гибридного потомства с комбинированной устойчивостью к этим патогенам.

Целью исследований являлось изучение гибридных популяций, полученных от скрещивания выделенных родительских форм с установленными ДНК-маркерами к генам (*Ns*, *Rm* и *Gm*) по устойчивости к комплексу S- и M-вирусов путем искусственного заражения сеянцев первого года, и проведение отбора относительно устойчивых к вирусной инфекции гибридов.

Выполнение жесткой браковки сеянцев еще на первом этапе до их высадки в поле значительно увеличивает долю устойчивых генотипов в селекционном материале и тем самым повышает успех отбора устойчивых форм. При сочетании различных методов испытания и критериев отбора повышается и гарантия показателей устойчивости (надежность оценки уровня устойчивости) у отобранных образцов. На начальном этапе в процессе отбора за счет элиминации значительной части явно восприимчивых растений можно существенно сократить объем оценок по устойчивости на последующих этапах и одновременно повысить выход доли устойчивых генотипов в пределах популяции гибридных сеянцев.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Материалом исследования служили гибридные популяции сеянцев первого года, созданные в лаборатории генетики картофеля РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству» на основе родительских форм, выделенных по результатам фенотипической оценки и наличию ДНК-маркеров генов устойчивости к S- и M-вирусам. Вегетационные опыты были заложены в 2021–2022 гг. в селекционно-гибридном модуле центра в аг. Самохваловичи.

С целью выделения устойчивых к S- и M-вирусам образцов оценку гибридных популяций в питомнике сеянцев первого года проводили с использованием механической инокуляции PVM и PVS.

В зимне-весенний период в условиях климакамеры селекционно-гибридного модуля высаживали клубни растений-инфекторов в 2-литровые сосуды, наполненные торфяным субстратом. Проводили регулярный полив. В фазу от полных всходов до бутонизации осуществлялось тестирование исследуемых образцов на содержание вирусной инфекции методом ИФА. Чистоту искомой вирусной моноинфекции контролировали с использованием метода ИФА.

Иммуноферментный анализ (ELISA) на наличие вирусной инфекции выполняли сотрудники лаборатории иммунодиагностики картофеля центра в соответствии с протоколом и методикой по проведению анализа производителя наборов.

**РАЗДЕЛ 1. СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО
КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР**

Выборка восприимчивых семян осуществлялась спустя 2–3 недели после искусственного заражения по внешним симптомам вирусных болезней, таким как мозаика различной степени интенсивности, мозаичное закручивание, посветление листьев и некрозы. Уборка питомника семян первого года проводилась в октябре после завязывания клубней и их созревания.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для проведения запланированных исследований по изучению гибридных популяций, полученных от скрещивания выделенных родительских форм с наличием в их генотипе по ДНК-маркированию генов устойчивости – *Ns*, *Rm* и *Gm*, и отбору относительно устойчивых к S-, M-вирусам образцов картофеля в зимнее-весенний период 2022 г. было осуществлено выделение семян из ягод, полученных в 2021 г. от 25 результативных комбинаций скрещивания. Все полученные ягоды содержали семена. Всего было выделено 15 404 семян. Количество семян на одну ягоду варьировало в широких пределах и составляло от 21 (гибридная комбинация – 201306-12×Янка) до 229 шт. (Н165-2×195ya15-8).

Все семена были подсчитаны, расфасованы в изготовленные из пергаментной бумаги пакетики и промаркированы. Результаты по выделению семян в гибридных комбинациях представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты выделения гибридных семян, полученных в комбинациях скрещивания 2021 г., для создания межвидовых гибридов картофеля, устойчивых к комплексу вирусов S и M

Гибридная комбинация скрещивания	Количество, шт.		
	ягод	семян	семян на одну ягоду
Н165-2×4хys14-11	9	1 575	175
40хy14-11×4хys14-11	4	690	173
Янка×4хys14-11	3	420	140
40хy14-11×195ya15-8	6	800	133
181ya13-4×195ya15-8	9	955	106
Н165-2×195ya15-8	8	1 830	229
Янка×195ya15-8	8	1 040	130
2-11-19×01501-6	1	132	132
60ym15-7×Omulew	4	196	49
201317-52×195ya15-36	3	453	151
201317-52×Янка	6	812	135
201303-14×Янка	1	42	42
01501-6×195ya15-36	2	293	147
201306-12×Янка	2	43	21
201306-12×195ya15-36	4	503	126
40хy14-11×01501-6	7	599	86
201502-2×Янка	3	298	99
201502-2×195ya15-36	3	396	132
127mya15-8×01501-6	2	344	172
181ya13-4×01501-6	3	163	54
127mya15-8×Янка	8	1 110	139
3-12-4×Янка	5	740	148
263-15-7×Янка	6	520	87
183-15-6×Янка	3	230	77
2-11-19×Янка	7	1 220	174

**РАЗДЕЛ 1. СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО
КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР**

Для получения инфекции М- и S-вирусов в феврале в условиях климакамеры селекционно-гибридного модуля была произведена высадка растений-инфекторов. Иммуноферментный анализ проводили в лаборатории иммунодиагностики картофеля центра, в результате которого были отобраны растения-инфекторы, содержащие моноинфекцию S- и М-вирусов в высокой концентрации. Для испытания семян на устойчивость к PVS и PVM использовали по два изолята этих вирусов, вызывающих на растениях инфекторах яркие симптомы, характерные для данных патогенов (мозаичное закручивание листьев и обыкновенную мозаику).

С целью накопления вирусной инфекции и получения инокулюмов вирусов также в условиях климакамеры были высеяны семена растений накопителей (*Solanum lycopersicum* L. сорта Невский и Сказка), проведены пикировка и инфицирование растений S- и М-вирусами каждым в отдельности.

Для повышения выхода форм, устойчивых к определенным вирусам, на ранних этапах селекционного процесса проводилось испытание гибридных комбинаций методом искусственного заражения семян. Для этого в условиях защищенного грунта селекционно-гибридного модуля в вегетационный период 2022 г. (конец мая) в теплице было высеяно 5 556 семян от 25 комбинаций скрещиваний, полученных в 2021 г. для искусственного инфицирования вирусами (табл. 2).

Таблица 2 – Объемы заражения вирусами S и М семян картофеля первого года испытания в теплице, 2022 г.

Гибридная комбинация скрещивания	Происхождение	Высеяно семян, шт.
128хусм21	Н165-2×4хус14-11	250
163хусм21	40ху14-11×4хус14-11	250
166усм21	Янка×4хус14-11	250
168уам21	40ху14-11×195уа15-8	250
170уам21	181уа13-4×195уа15-8	250
171уам21	Н165-2×195уа15-8	250
172ум21	Янка×195уа15-8	250
Твс1609у21	2-11-19×01501-6	132
209аусм21	60ум15-7×Omulew	196
21см01	201317-52×195уа15-36	250
21см02	201317-52×Янка	250
21см03	201303-14×Янка	42
21см04	01501-6×195уа15-36	250
21см05	201306-12×Янка	43
21см06	201306-12×195уа15-36	250
21см07	40ху14-11×01501-6	250
21см08	201502-2×Янка	250
21см09	201502-2×195уа15-36	250
21см10	127муа15-8×01501-6	250
21см11	181уа13-4×01501-6	163
245ум21	127муа15-8×Янка	250
252см21	3-12-4×Янка	250
254см21	263-15-7×Янка	250
256см21	183-15-6×Янка	230
255см21	2-11-19×Янка	250
Всего		5 556

**РАЗДЕЛ 1. СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО
КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР**

Для высева гибридных семян картофеля были подготовлены стеллажи в теплице. Их заполняли торфяным субстратом, проводили внесение NPK, увлажнение, выравнивание и нарезку углублений. Далее был произведен высев семян и закрытие посевных бороздок просеянным речным песком. Уход за посевами заключался в регулярном поливе, рыхлении и прополке.

При достижении растениями фазы 2–3 настоящих листочков было проведено искусственное заражение их инокулюмом, содержащим инфекцию S- и M-вирусов (табл. 3).

Заражение осуществляли следующим образом: для оценки на устойчивость к вирусам M и S проводили последовательную инокуляцию вначале M-вирусом, а затем через 5 дней S-вирусом. Для более успешного заражения сеянцы притеняли на сутки до и после заражения. Инокулюм готовили, смешивая сок растения-накопителя, содержащего инфекцию вирусов с фосфатным буфером pH 7,2 в соотношении 1 : 1. Для приготовления инокулюма растения-накопителя были протестированы методом иммуноферментного анализа на содержание необходимой вирусной инфекции. Анализ ИФА показал моноинфекцию вирусов S и M в высокой концентрации.

Таблица 3 – Искусственное заражение вирусами S и M сеянцев картофеля первого года испытания в теплице, 2022 г.

№ п/п	Комбинация скрещивания	Заражено вирусами M→S*, шт.	Выбраковано, %	Высажено визуально здоровых сеянцев, шт.	Убрано относительно устойчивых сеянцев, шт.
1	H165-2×4xys14-11	40	30,0	28	16
2	40xy14-11×4xys14-11	23	17,4	19	14
3	Янка×4xys14-11	64	14,1	55	48
4	40xy14-11×195ya15-8	58	12,1	51	46
5	181ya13-4×195ya15-8	38	5,3	36	36
6	H165-2×195ya15-8	41	14,6	35	32
7	Янка×195ya15-8	72	4,2	69	52
8	2-11-19×01501-6	50	70,0	15	15
9	60ym15-7×Omulew	38	7,9	35	31
10	201317-52×195ya15-36	95	18,9	77	62
11	201317-52×Янка	100	5,0	95	69
12	201303-14×Янка	26	11,5	23	11
13	01501-6×195ya15-36	77	20,8	61	49
14	201306-12×Янка	23	5,0	19	19
15	201306-12×195ya15-36	85	16,5	71	58
16	40xy14-11×01501-6	98	11,2	87	55
17	201502-2×Янка	56	5,4	53	39
18	201502-2×195ya15-36	31	0	31	22
19	127mya15-8×01501-6	79	20,3	63	39
20	181ya13-4×01501-6	96	13,5	83	60
21	127mya15-8×Янка	83	7,2	77	58
22	3-12-4×Янка	127	37,8	79	64
23	263-15-7×Янка	80	46,3	43	38
24	183-15-6×Янка	119	53,8	55	41
25	2-11-19×Янка	88	53,4	41	38
Всего		1 687		1 301	1 012

* Последовательная инокуляция через 5 дней.

Через две-три недели после заражения проводили браковку сеянцев по симптомам вирусных болезней. Процент выбраковки восприимчивых сеянцев в различных комбинациях скрещиваний составлял от 4,2 до 53,8. И лишь в одной комбинации (201502-2×195ya15-36) не было выявлено растений с внешними признаками вирозов.

Внешние симптомы при поражении вирусной инфекцией проявлялись в виде мозаик различной степени интенсивности, мозаичного закручивания, посветления листьев и некрозов (рис. 1, 2).

Так, некрозы были отмечены в следующих комбинациях: 2-11-19×Янка, 3-12-4×Янка, Янка×4хус14-11, 201502-2×Янка. Всего для выращивания и получения клубневого потомства был распикирован в горшочки с торфяным субстратом 1 301 сеянец картофеля, относительно устойчивый к S- и M-вирусам. Уборка питомника сеянцев первого года была осуществлена в октябре после завязывания клубней и их созревания.

В результате проведенных исследований для продолжения дальнейшего всестороннего изучения и селекционной проработки в полевых питомниках испытания с применением метода ПЦР-анализа и определения у них генов устойчивости к S- и M-вирусам отобрано 1 012 клубней.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований из ягод, полученных в 2021 г. от 25 результативных комбинаций скрещивания, было выделено 15 404 семян. Количество семян на одну ягоду варьировало в широких пределах и составляло от 21 (гибридная комбинация – 201306-12×Янка) до 229 шт. (Н165-2×195ya15-8).

Для накопления вирусной инфекции и получения инокулюмов вирусов в условиях климакамеры селекционно-гибридного модуля была произведена высадка растений-инфекторов, высеяны семена растений накопителей (*Solanum lycopersicum* L. сорта



Рисунок 1 – Симптомы мозаичного закручивания на сеянце картофеля после искусственного заражения M-вирусом



Рисунок 2 – Симптомы в виде некрозов на сеянце картофеля после искусственного заражения M- и S-вирусами

Невский и Сказка) для получения инфекции М- и S-вирусов, проведена пикировка и инфицирование рассады S- и М-вирусами каждым в отдельности.

Для проведения исследований в теплице было высеяно 5 556 семян от 25 комбинаций скрещиваний, полученных в 2021 г. Осуществлено искусственное заражение сеянцев первого года вирусами М и S, проведена выбраковка восприимчивых и пикировка рассады без признаков виروزов в горшочки с торфяным субстратом. Всего для выращивания и получения клубневого потомства был распикирован 1 301 сеянец картофеля, относительно устойчивый к S- и М-вирусам.

Для дальнейшего изучения в питомнике первой клубневой репродукции и выделения генетических источников с использованием метода ПЦР-анализа по наличию у них генов устойчивости к S- и М-вирусам отобрано 1 012 гибридов, относительно устойчивых к этим патогенам.

Список литературы

1. The potato of the future: opportunities and challenges in sustainable Agri-food systems / A. Devaux [et al.] // *Potato Res.* – 2021. – Vol. 64. – P. 681–720.
2. Impact of positive selection on incidence of different viruses during multiple generations of potato seed tubers in Uganda / U. Priegnitz [et al.] // *Potato Res.* – 2019. – Vol. 62. – P. 1–30.
3. Wasilewska-Nascimento, B. Challenges in the Production of High-Quality Seed Potatoes (*Solanum tuberosum* L.) in the Tropics and Subtropics / B. Wasilewska-Nascimento, D. Boguszewska-Mańkowska, K. Zarzyńska // *Agronomy.* – 2020. – № 10 (2). – P. 1–15. – Mode of access: <http://doi:10.3390/agronomy10020260>. – Date of access: 10.11.2023.
4. Jones, R. Virus disease problems facing potato industries worldwide: viruses found, climate change implications rationalizing virus strain nomenclature and addressing the potato virus Y issue / R. Jones // *The Potato, botany, production and uses* / Washington State University; Ed. R. Navarre and M. Pavec. – 2014. – P. 202–225.
5. Halterman, D. Potato, viruses, and seed certification in the USA to provide healthy propagated tubers / D. Halterman, A. Charkowski, J. Verchot // *Pest Tech.* – 2012. – Vol. 6. – P. 1–14.
6. Mackenzie, T. D. Crop management practices and reduction of on-farm spread of Potato virus Y: a 5-year study in commercial potato fields in New Brunswick / T. D. Mackenzie, X. Nie, M. Singh // *Canada. Am Potato J.* – 2016. – Vol. 93 (6). – P. 552–563.
7. Блоцкая, Ж. В. Вирусные, виroidные и фитоплазменные болезни картофеля / Ж. В. Блоцкая. – Минск : Тэхналогія, 2000. – 120 с.
8. Rao, G. P. Overview of yield losses due to plant viruses / G. P. Rao, M. G. Reddy // *Applied plant virology*, Academic Press. – 2020. – P. 531–562.
9. Русецкий, Н. В. Оценка исходного материала картофеля на иммунитет к вирусам картофеля / Н. В. Русецкий // *Картофелеводство : сб. науч. тр. РУП «Науч.-практ. центр НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству» ; редкол.: С. А. Турко (гл. ред.) [и др.]*. – Минск, 2018. – Т. 26. – С. 101–111.
10. Русецкий, Н. В. Испытание селекционного материала картофеля на полевую устойчивость к вирусным болезням / Н. В. Русецкий // *Картофелеводство : сб. науч. тр. РУП «Науч.-практ. центр НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству» ; редкол.: С. А. Турко (гл. ред.) [и др.]*. – Минск, 2016. – Т. 24. – С. 115–122.
11. Круглова, Д. И. Вирусная инфекция и продуктивность растений картофеля / Д. И. Круглова // *Овощеводство и садоводство в Зап. Сибири : сб. науч. тр. / Омский с.-х. ин-т им. С. М. Кирова*. – Омск, 1982. – С. 21–25.

12. Павлова, Е. А. Диагностика скрытой вирусной инфекции картофеля – важный этап семеноводства / Е. А. Павлова // Защита и карантин растений. – 2014. – № 2. – С. 15–16.

13. The reaction to virus infection of potato cultivars from the Polish National List in 2010 / M. Chrzanowska [et al.] // Biuletyn Instytutu hodowli i aklimatyzacji roślin. – 2011. – № 260/261. – P. 309–324.

14. Zagorska, M. Analysis of the results of studies conducted in 1973–2005 on reaction of potato cultivars to *Potato virus M* / M. Zagorska, M. Chrzanowska // Biuletyn instytutu hodowli i aklimatyzacji roślin. – 2007. – № 243. – P. 227–234.

15. Dziewonska, M. Necrotic reaction to *Potato virus M* in *Solanum stoloniferum* and *Solanum megistacrobium* / M. Dziewonska, K. Ostrowska // Phytopathol. Zeitschr. – 1977. – Vol. 88. – P. 172–179.

16. Reaction of *Solanum gourlayi* and its hybrids with *S. tuberosum* to potato virus M (PVM) / M. Was [et al.] // Phytopathol. Zeitschr. – 1980. – Vol. 97. – P. 186–191.

17. Swiezynski, K. M. / Inheritance of resistance to potato virus M found in *Solanum gourlayi* Haw / K. M. Swiezynski, M. A. Dziewonska, K. Ostrowska // Genet. Pol. – 1981. – Vol. 22, № 1. – P. 1–8.

18. Swiezynski, K. Parental line breeding in potatoes / K. Swiezynski // Acta biol. ingosl. Ser. F. Suppl. Beograd. – 1983. – № 3. – P. 99–112.

Поступила в редакцию 28.11.2023 г.

N. V. RUSETSKIY, V. A. KOZLOV, A. V. CHASHINSKIY,
T. V. SEMANYUK

ARTIFICIAL INFECTION OF 1ST YEAR POTATO SEEDLINGS WITH PVS AND PVM VIRUSES AND SELECTION OF RESISTANT SAMPLES

SUMMARY

The results of a study on artificial infection of 1st year seedlings with PVS and PVM viruses in hybrid populations of potatoes obtained from crossing isolated parental forms with the presence of resistance genes – Ns, Rm and Gm – in their genotype based on DNA marking are presented. As a result of the research, susceptible seedlings were culled and hybrid populations with a high percentage of potato samples relatively resistant to PVS and PVM were isolated. For further study and selection development in field nurseries, 1012 hybrid descendants were selected that were relatively resistant to the pathogens under study.

Key words: potato; viral diseases; PVS; PVM; infectious background; seedling; hybrid; hybrid population; genotype; resistance; ELISA.

УДК 635.63:631.527.51(476)

А. Я. Хлебородов, кандидат сельскохозяйственных наук,
заведующий сектором тыквенных овощных культур

И. В. Гапоненко, О. С. Провоторова, научные сотрудники
РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук
Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству»,
аг. Самохваловичи, Минский район

СЕЛЕКЦИЯ КОРНИШОННО-ПАРТЕНОКАРПИЧЕСКИХ ИНЦУХТ-ЛИНИЙ ОГУРЦА ДЛЯ РЕПРОДУКЦИИ ГИБРИДОВ F₁ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

РЕЗЮМЕ

Представлены результаты оценки 24 корнишонно-партенокарпических инцухт-линий огурца по морфологическим, хозяйственно-биологическим признакам и устойчивости к болезням.

Созданные инцухт-линии сочетают ряд признаков в отношении пола, общей урожайности зеленца, скороспелости, партенокарпии, устойчивости к пероноспорозу и мучнистой росе, отсутствию в вегетативных и репродуктивных органах растений кукурбитацина.

Ключевые слова: огурец; инцухт-линия; селекция; скороспелость; партенокарпия; урожайность; кукурбитацин; устойчивость к болезням.

ВВЕДЕНИЕ

Опыт мировой и отечественной практики показывает, что всякая селекционная работа всегда начинается со сбора и анализа имеющихся сортов, образцов и форм растений определенной культуры. Отбор лучших экземпляров растений, которые отвечают заданным требованиям, осуществляется на основании всесторонней оценки исходного материала. Далее в результате скрещиваний получают новые генотипы, совмещающие свойства и признаки родительских форм, а после отбирают лучшие генотипы с последующим формированием нового сорта или гибрида [6].

Целью наших исследований являлось изучение и выделение корнишонно-партенокарпических инцухт-линий огурца по основным морфологическим и хозяйственно-биологическим признакам.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Работа по селекции партенокарпических инцухт-линий проведена в открытом и защищенном грунте РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству» в течение вегетационных периодов 2018–2023 гг.

При создании инцухт-линий огурца использовали партенокарпические расщепляющиеся сортовые гибридные популяции F₂–F₅ поколений отечественной и зарубежной селекции из Беларуси, Нидерландов и России.

Опыты закладывали, руководствуясь «Методическими указаниями по селекции огурца» [3].

Описание морфологических и хозяйственно ценных признаков огурца проводили согласно «Широкому унифицированному классификатору СЭВ и Международному классификатору СЭВ вида *Cucumis sativus L.*» [5].

Отборы из сортовых и гибридных популяций огурца проводили по следующим генетически обусловленным признакам:

B (Black spines) – черная окраска шипов плода;

b (white spines) – белая окраска шипов плода;

bi (bitterfree) – отсутствие кукурбитацина во всех частях растения;

Dt (Determinate plant) – детерминантный тип длинноплетистого растения;

dm (downy mildew resistance) – устойчивость к поражению грибом *Pseudoperonospora cubensis Berk et Curt.*;

F (female) – женское (гомозиготно-гиноцидное) растение с генотипом (FFMM). Половые типы растений определяются взаимодействием с аллелями моноцидности (М) и гермафродитизма (m);

mp (multi pistillate) – несколько женских цветков в пазухе листа, рецессив по отношению к одиночному расположению цветков;

Pc (Partenocarpy) – партенокарпия – завязывание плодов без опыления;

pm-1, pm-2, pm-3 (powdery mildew resistance) – устойчивость к поражению грибом *Erysiphe cichoracearum Dc.* (настоящая мучнистая роса);

S (Spine sire) – размер бугорков на поверхности плода-зеленца. Доминирование в комплементе $S > S_1 > s$.

Сохранение и поддержание гиноцидно-партенокарпических инцухт-линий огурца проводили путем 2-кратной обработки растений водно-спиртовым раствором A_4 в начальной стадии образования первого настоящего листа. Растения огурца инцухтировали в течение трех поколений (I_1-I_3).

Проявление признака «стартовой» партенокарпии оценивали по числу плодов, выросших на растении без опыления, по мере их образования с самого начала цветения.

Коэффициент партенокарпии определяли по формуле:

$$P = C / c,$$

где C – процент завязывания плодов в опытной группе без опыления;

c – процент завязывания плодов в контрольной группе с опылением [3].

Оценку инцухт-линий огурца на устойчивость к пероноспорозу (*Pseudoperonospora cubensis*) и мучнистой росе (*Erysiphe cichoracearum*) проводили в условиях открытого и защищенного грунта при естественном и искусственном заражении по 9-балльной шкале устойчивости [3].

Статистическую обработку результатов исследований осуществляли по методике Б. А. Доспехова [2] на персональном компьютере с помощью пакета прикладных программ Microsoft Excel 7.0.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В настоящее время актуальным направлением в селекции корнишонно-партенокарпического огурца открытого и защищенного грунта является создание гибридов F_1 с комплексом ценных хозяйственно-биологических признаков относительно урожайности, скороспелости, устойчивости к наиболее вредоносным грибным болезням, качества плодов в свежем и консервированном виде.

Перевод селекции огурца на создание межлинейных корнишонно-партенокарпических гибридов F_1 обусловил необходимость создания женских и мужских инцухт-линий различных половых типов – гиноцидных, моноцидных и гермафродитных.

Практический интерес в селекции огурца, для репродукции гибридов F_1 , представляют партенокарпические инцухт-линии, обладающие высокой урожайностью зеленца, скороспелостью, устойчивостью к пероноспорозу и мучнистой росе, отсутствием в вегетативных и репродуктивных органах растений кукурбитаина.

Общеизвестно, что исходные сортовые и гибридные популяции партенокарпического огурца представляют гетерогенные популяции различных биотипов по количеству и качественным признакам. Для того чтобы добиться генотипической дифференциации и выравниваемости исходного материала в селекции огурца, использовали метод инцухта (инбридинга) с целью получения самоопыленных инцухт-линий. Мировой опыт селекции огурца говорит о высокой продуктивности простых межлинейных партенокарпических гибридов F_1 [1].

Исходя из степени гомо- и гетерозиготности исходных сортовых и гибридных популяций партенокарпического огурца, селекционеры считают, что 3-, 5-кратное инцухтирование (I_3-I_5) достаточно для дифференциации и закрепления ценных морфологических и хозяйственно-биологических признаков в создании инцухт-линий [1].

В селекции корнишонно-партенокарпического огурца учитывали признаки пола с целью создания гиноцидных, моноцидных и гермафродитных инцухт-линий. Для репродукции гибридов огурца F_1 были созданы корнишонно-партенокарпические инцухт-линии следующих половых типов: 21 – гиноцидные (♀) – на растениях образуются только женские цветки; 2 – моноцидные (♀ + ♂), или однодомные – на растениях имеются как женские, так и мужские цветки в различных количественных отношениях и одна инцухт-линия гермафродитная (♀) – растения только с гермафродитными цветками (табл. 1).

Главными компонентами общего урожая огурца являются число и средняя масса плода на растении. Урожайность плодов (зеленца) – комплексный полигенный признак, который зависит от генотипа исходных форм и влияния на него абиотических и биотических факторов окружающей среды. В гибридизации при подборе родительских пар (инцухт-линий) использовали гиноцидные, моноцидные и гермафродитные линии, у которых благоприятно сочетаются компоненты урожая материнских и отцовских инцухт-линий с учетом ряда других морфологических и хозяйственно-биологических признаков (табл. 1–3).

Показатель общей урожайности зеленца 24 инцухт-линий огурца варьировал в пределах 6,0–8,9 кг/м². В сравнении со стандартом (линия 2-5-7) превышение урожайности зеленца на 1,1–4,7 % отмечалось у следующих инцухт-линий: 1-3-1, 3-2-1, 3-4-9, 3-5-3, 4-6-2, Б-1-1, Б-2-1, Т-1-1 (рис.).

Большое влияние на урожайность зеленца и скороспелость инцухт-линий огурца оказывают признак гиноцидности и габитус растений, которые тесно связаны со степенью насыщенности нижних узлов растений главной плети и боковых побегов женскими цветками. Признак скороспелости у огурца определяется количеством дней от массовых всходов до первого сбора зеленца. Из 24 партенокарпических инцухт-линий выделились 12 линий со стабильно высокой ультраранней спелостью – 40–45 дней.

Качество плодов огурца (зеленца) определяют такие признаки, как размер и масса, окраска, вкус, содержание сухих веществ, сахаров, пектина, минеральных солей [4]. В таблицах 1, 2 показаны линии огурца по размеру и массе плода-зеленца, окраске плода и шипов, бугорчатости поверхности эпидермиса, генотипу отсутствия или наличия кукурбитаина. Большинство инцухт-линий имеют высокие вкусовые качественные показатели зеленца относительно генетического признака отсутствия у них кукурбитаина.

**РАЗДЕЛ 1. СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО
КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР**

Таблица 1 – Хозяйственно-биологическая характеристика корншонно-партекокарпических линий огурца, 2021–2023 гг.

Номер инцухт-линий	Пол растений	Общая урожайность зелена, кг/м ²	% к стандарту	Скороспелость, дней	Плод-зеленец		
					Размер (длина×диаметр), см	Масса, г	Поверхность
1-3-1	♀	8,9	104,71	40	10,0×2,5	100	Среднебугорчатый
1-6-4	♀	7,8	91,76	45	12,0×3,0	120	Среднебугорчатый
1-7-5	♀	8,2	96,47	43	12,0×3,0	120	Бугорчатый
2-2-4	♀	7,5	88,24	40	12,0×3,5	110	Среднебугорчатый
2-5-7 (ст.)	♀	8,5	100,00	45	10,0×3,0	100	Среднебугорчатый
2-4-3	♀	7,6	89,41	42	13,0×3,0	130	Среднебугорчатый
3-2-1	♀	8,6	101,18	45	12,0×2,5	120	Среднебугорчатый
3-4-9	♀	8,8	103,53	40	12,0×3,0	120	Бугорчатый
3-5-3	♂	8,7	102,55	48	10,0×2,5	100	Бугорчатый
4-3-7	♀	7,0	82,35	40	11,0×2,5	100	Среднебугорчатый
4-5-1	♀	7,7	90,59	45	10,0×2,5	100	Среднебугорчатый
4-6-2	♀	8,8	103,53	42	11,0×2,5	110	Среднебугорчатый
Ам-2-1	♀	7,5	88,24	45	10,0×3,0	110	Среднебугорчатый
Б-1-1	♀	8,9	104,11	43	12,0×3,5	120	Бугорчатый
Б-2-1	♀	8,8	103,53	45	10,0×2,5	90	Бугорчатый
С-13-1	♀	6,8	80,00	40	10,0×2,5	100	Среднебугорчатый
С-14-1	♀	7,1	83,53	42	12,0×3,0	110	Среднебугорчатый
С-18-1	♀	6,0	70,59	40	12,0×3,0	110	Среднебугорчатый
К-5-1	♀	7,5	88,24	45	10,0×3,0	110	Бугорчатый
К-16-1	♀	7,6	89,41	45	11,0×2,8	120	Бугорчатый
Л-10-1	♀	6,9	81,18	48	12,0×3,5	120	Бугорчатый
Л-25-1	♀	6,6	77,65	48	13,0×3,8	130	Бугорчатый
ЛК-8-2	♀	7,2	84,71	45	12,0×3,0	120	Бугорчатый
Т-1-1	♀	8,0	94,12	43	12,0×8,0	120	Среднебугорчатый
НСР ₀₅		0,5–0,8					

РАЗДЕЛ 1. СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО
КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР

Таблица 2 – Морфобиологическая характеристика корншонно-партенокарпических линий огурца, 2021–2023 гг.

Номер интродуцированных линий	Габитус растений	Расположение женских цветков на растении	Коэффициент партенокарпии	Плод-зеленец		Генотип наличия или отсутствия кукурбитацина
				Окраска		
				плода	шипов	
1-3-1	Детерминантный	Одиночное	0,9	Темно-зеленая	Белые	bibi
1-6-4	Детерминантный	Одиночное	0,9	Темно-зеленая	Белые	bibi
1-7-5	Детерминантный	Одиночное	1,0	Темно-зеленая	Белые	bibi
2-2-4	Детерминантный	Одиночное	0,8	Темно-зеленая	Белые	bibi
2-5-7 (ст.)	Детерминантный	Одиночное	1,0	Темно-зеленая	Белые	bibi
2-4-3	Детерминантный	Парное	0,9	Темно-зеленая	Белые	bibi
3-2-1	Детерминантный	Одиночное	0,9	Темно-зеленая	Белые	bibi
3-4-9	Детерминантный	Одиночное	0,9	Темно-зеленая	Белые	bibi
3-5-3	Детерминантный	Одиночное	1,0	Зеленая	Белые	bibi
4-3-7	Детерминантный	Одиночное	0,9	Темно-зеленая	Белые	bibi
4-5-1	Детерминантный	Одиночное	1,0	Темно-зеленая	Белые	bibi
4-6-2	Детерминантный	Одиночное	0,9	Темно-зеленая	Белые	bibi
Am-2-1	Детерминантный	Одиночное	0,9	Зеленая	Белые	bibi
Б-1-1	Детерминантный	Одиночное	0,7	Зеленая	Черные	bibi
Б-2-1	Детерминантный	Одиночное	0,7	Зеленая	Черные	bibi
С-13-1	Индетерминантный	Групповое	0,8	Зеленая	Белые	bibi
С-14-1	Индетерминантный	Групповое	0,8	Зеленая	Белые	bibi
С-18-1	Детерминантный	Групповое	0,9	Зеленая	Черные	bibi
К-5-1	Детерминантный	Одиночное	0,9	Зеленая	Черные	bibi
К-16-1	Детерминантный	Парное	1,0	Зеленая	Черные	bibi
Л-10-1	Детерминантный	Одиночное	0,5	Зеленая	Черные	Вbibi
Л-25-1	Детерминантный	Одиночное	0,5	Зеленая	Черные	Вbibi
ЛК-8-2	Детерминантный	Одиночное	0,8	Зеленая	Черные	bibi
Т-1-1	Индетерминантный	Одиночное	0,7	Зеленая	Черные	Вbibi

**РАЗДЕЛ 1. СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО
КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР**

Таблица 3 – Устойчивость корншонно-партенкарпических линий огурца, 2021–2023 гг.

Номер инцухт-линий	Пероноспороз		Мучнистая роса	
	балл устойчивости	% развития болезни	балл устойчивости	% развития болезни
1-3-1	5-7	15,4	7-9	<10
1-6-4	5-7	13,2	7-9	<10
1-7-5	5-7	12,0	7-9	<10
2-2-4	5-7	11,8	7-9	<10
2-5-7 (ст.)	5-7	12,7	7-9	<10
2-4-3	3-5	38,4	5-7	15,3
3-2-1	5-7	11,2	7-9	<10
3-4-9	5-7	11,6	7-9	<10
3-5-3	5-7	12,3	7-9	<10
4-3-7	5-7	12,5	7-9	<10
4-5-1	3-5	37,3	5-7	17,0
4-6-2	3-5	38,0	5-7	16,8
Am-2-1	5-7	12,4	7-9	<10
Б-1-1	5-7	11,8	7-9	<10
Б-2-1	5-7	14,5	7-9	<10
С-13-1	3-5	40,2	5-7	12,9
С-14-1	3-5	42,3	5-7	13,4
С-18-1	5-7	28,5	7-9	<10
К-5-1	5-7	22,4	7-9	<10
К-16-1	5-7	19,9	7-9	<10
Л-10-1	5-7	21,3	7-9	<10
Л-25-1	5-7	20,7	7-9	<10
ЛК-8-2	5-7	28,8	7-9	<10
Т-1-1	5-7	30,1	7-9	<10



Линия 1-3-1



Линия 3-2-1



Линия 3-4-9



Линия 3-5-3



Линия 4-6-2

Рисунок – Общий вид перспективных гиноцийно-партенкарпических инцухт-линий огурца в стадии технологической спелости

Генетически обусловленным признаком отсутствия кукурбитацина в зеленце обладает 21 инцухт-линия. По размеру и массе плода-зеленца все инцухт-линии относятся к корнишонному типу. Такие признаки, как бугорчатость эпидермиса и окраска шипов плода являются косвенными показателями пригодности их для соления и консервирования.

Важным этапом в селекции корнишонно-партеокарпических инцухт-линий огурца является оценка по их способности и формированию партенокарпических плодов без оплодотворения. Среди инцухт-линий по степени проявления партенокарпии были выделены две группы: с хорошо выраженной «стартовой» партенокарпией (коэффициент партенокарпии 0,8–1,0); со средневыраженной партенокарпией (коэффициент партенокарпии 0,5–0,7).

В селекции партенокарпических инцухт-линий огурца учтены признаки устойчивости к таким вредоносным болезням, как пероноспороз и мучнистая роса. В открытом и защищенном грунте Республики Беларусь эти болезни приводят к преждевременной гибели растений огурца и значительно снижают урожай плодов в начале, середине или конце плодоношения. Радикальным способом борьбы с данными болезнями является создание болезнеустойчивых линий и на их основе гибридов F_1 (см. табл. 3).

В результате селекции на комплексную устойчивость к пероноспорозу и мучнистой росе было создано 19 инцухт-линий с повышенной устойчивостью к указанным грибным болезням (табл. 3). Высокая степень устойчивости инцухт-линий к пероноспорозу составила 5–7 баллов, а к мучнистой росе – 7–9 баллов при самом низком проценте развития болезней.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Из гетерогенных популяций партенокарпических сортов и гибридов огурца отечественной и зарубежной селекции создано 24 корнишонно-партенокарпических инцухт-линии с комплексом ценных генетически обусловленных морфологических и хозяйственно-биологических признаков.

По результатам наблюдений инцухт-линий корнишонно-партенокарпического огурца выделились следующие линии:

- по урожайности: 1-3-1, 3-2-1, 3-4-9, 3-5-3, 4-6-2, Б-1-1, Б-2-1, Т-1-1;
- по скороспелости: 1-3-1, 2-2-4, 3-4-9, 4-3-7, С-13-1, С-18-1;
- по склонности к партенокарпии: 1-7-5, 3-5-3, 4-5-1, К-16-1;

– по отсутствию кукурбитацина: из 24 линий у 21 отмечается отсутствие данного показателя.

2. Созданные инцухт-линии сочетают ряд признаков в отношении пола, общей урожайности зеленца, скороспелости, партенокарпии, устойчивости к пероноспорозу и мучнистой росе, отсутствия в вегетативных и репродуктивных органах растений кукурбитацина.

3. Для репродукции гибридов F_1 корнишонно-партенокарпического типа представляют интерес все гиноцидные, моноцидные и гермафродитные инцухт-линии.

Список литературы

1. Гетерозис и его использование в овощеводстве / Х. Даскалов [и др.] ; пер. с болг. Е. С. Сигаева. – М. : Колос, 1978. – 309 с.
2. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – 5-е изд., доп. и перераб. – М. : Агропромиздат, 1985. – 351 с.

3. Методические указания по селекции огурца / ВНИИ селекции и семеноводства овощ. культур ; сост. О. В. Юрина [и др.]. – М. : Агропромиздат, 1985. – 55 с.

4. Современное состояние и перспективы инновационного развития овощеводства : материалы Междунар. науч.-практ. конф., п. Самохваловичи, 8–11 июля 2014 г. / Ин-т овощеводства ; редкол.: В. Ф. Карпович (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2014. – 201 с.

5. Широкий унифицированный классификатор СЭВ и Международный классификатор СЭВ вида *Cucumis sativus* L. – Л. : ВИР, 1980. – 28 с.

6. Юрина, О. В. Селекция и семеноводство тыквенных культур в России / О. В. Юрина, В. Ф. Пивоваров, Н. Н. Балашова. – М. : ГУП Типография, 1998. – 423 с.

Поступила в редакцию 07.12.2023 г.

A. YA. HLEBORODOV, I. V. GAPONENKO, O. S. PROVOTOROVA

SELECTION OF GHERKINS-PARTHENOCARPIC CLOSE BREEDING LINES OF CUCUMBER FOR REPRODUCTION OF F₁ HYBRIDS IN THE REPUBLIC OF BELARUS

SUMMARY

The results of the assessment of 24 gherkin-parthenocarpic close breeding cucumber lines based on morphological, economic and biological characteristics and disease resistance are presented.

The created close breeding lines combine a number of signs in relation to sex, total yield of greens, maturing rate, parthenocarpy, resistance to peronosporosis and powdery mildew, absence of cucurbitacin in vegetative and reproductive organs of plants.

Key words: cucumber; close breeding line; breeding; maturing rate; parthenocarpy; yield; cucurbitacin; disease resistance.

УДК 635.21:631.526.325:631.527

А. В. Чашинский, кандидат сельскохозяйственных наук,
доцент, ведущий научный сотрудник

В. А. Козлов, доктор сельскохозяйственных наук, доцент,
заведующий лабораторией генетики картофеля

Н. В. Русецкий, кандидат биологических наук, доцент,
ведущий научный сотрудник

РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук
Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству»,
аг. Самохваловичи, Минский район

ВЫДЕЛЕНИЕ СРЕДИ ГИБРИДОВ ИНОСТРАННОЙ СЕЛЕКЦИИ ИСТОЧНИКОВ ХОЗЯЙСТВЕННО ЦЕННЫХ ПРИЗНАКОВ

РЕЗЮМЕ

Представлены результаты изучения межвидовых гибридов картофеля иностранной селекции по хозяйственно ценным признакам. В результате проведенных исследований выделены источники продуктивности, пригодности к переработке на картофелепродукты после пяти месяцев хранения, без рекондиционирования, источники устойчивости к фитофторозу, черной ножке и вирусным болезням.

Ключевые слова: картофель; межвидовой гибрид; источники хозяйственно ценных признаков; устойчивость; фитофтороз; черная ножка; вирусные болезни; продуктивность; пригодность к промышленной переработке на картофелепродукты.

ВВЕДЕНИЕ

Создание новых высокопродуктивных сортов картофеля с комплексом хозяйственно ценных признаков возможно лишь при наличии достаточного количества нового генетически разнообразного материала для селекции данной культуры. Как показывает мировая практика, те страны, у которых хорошо поставлена работа с генетическими ресурсами, добились на современном этапе значительных успехов в селекции картофеля. Поэтому сохранение уже имеющегося в Беларуси генофонда культурного картофеля (сорта белорусского и мирового генофонда картофеля, источники и доноры селекционно-ценных признаков, близкородственные и отдаленные гибриды картофеля) и его обогащение новыми генами, способными повысить конкурентоспособность белорусского картофеля, является важнейшей государственной задачей для Республики Беларусь. В связи с этим лаборатория генетики картофеля РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству» ведет целенаправленную работу по поиску генетических ресурсов картофеля, их изучению в условиях республики для последующего вовлечения выделенных источников хозяйственно ценных признаков в селекционный процесс.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Работа выполнялась в 2016–2020 гг. в лаборатории генетики картофеля РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по картофелеводству

и плодовоовощеводству». Материалом для исследований служили 28 межвидовых гибридов, полученных в Институте картофелеводства УААН (Украина).

Полевые опыты закладывали на полях селекционного севооборота РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по картофелеводству и плодовоовощеводству». Почва опытных участков дерново-подзолистая, легкосуглинистая, развивающаяся на лессовидном суглинке. Предшественник – озимый рапс.

Метеорологические условия 2016–2020 гг. способствовали умеренно-эпифитотийному и эпифитотийному развитию фитофтороза, что позволило в полевых условиях на естественном инфекционном фоне дать объективную оценку устойчивости к заболеванию исследуемых образцов.

Оценку образцов на устойчивость к фитофторозу и черной ножке по клубням проводили в соответствии с методическими рекомендациями «Методы оценки картофеля, овощных и плодовых культур на устойчивость к болезням» [1].

Устойчивость образцов к черной ножке по ботве оценивали по методике Ю. В. Шнейдера [2], к вирусам – выполняли по методике Н. П. Скляровой и Р. В. Черепановой [3].

Фенологические наблюдения проводили согласно «Методическим указаниям по оценке и поддержанию мировой коллекции картофеля» [4].

Учет урожая и его структуру, содержание крахмала определяли в соответствии с «Методикой исследований по культуре картофеля» [5].

Оценку пригодности к промышленной переработке на картофелепродукты проводили согласно «Методическим рекомендациям по специализированной оценке сортов картофеля» [6].

Тестирование селекционных клонов картофеля на наличие X-, Y-, S-, M-вирусов выполняли согласно «Инструкции по использованию иммуноферментного диагностического набора для определения вирусов картофеля» [7].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Межвидовые гибриды картофеля изучены по комплексу хозяйственно ценных признаков: устойчивость к фитофторозу и черной ножке, продуктивность, содержание крахмала и пригодность к промышленной переработке на картофелепродукты после пяти месяцев хранения без рекондиционирования.

В результате проведенных исследований установлено, что относительно высокой устойчивостью к фитофторозу листьев и клубней обладает гибрид 08.161с/79 (7,0 баллов) (табл. 1). Данный гибрид рекомендуется использовать в селекции как источник фитофтороустойчивости. Средней устойчивостью к патогену характеризовались образцы 08.182/101 и 09.236с/1. Остальные формы имели низкую устойчивость к фитофторозу листьев. Средняя устойчивость клубней к фитофторозу отмечена у гибридов 08.182/101, 09.236с/1, 08.194/33, 08.194/73, 10.1/47, 08.193/9, 08.197/48, 10.1/53, 08.194/81, 08.197/105, 09.13/33, 08.193/5 и 08.194/122.

По устойчивости к возбудителям черной ножки стеблей выделено 11 образцов: 08.161с/79, 08.187/93, 08.187/161, 08.193/9, 08.197/48, 10.1/53, 08.193/119, 08.187/13, 08.194/122, 08.187/64 и 08.195/89, характеризующихся средним уровнем устойчивости к заболеванию. Остальные гибриды были неустойчивы к данному заболеванию.

В результате изучения межвидовых гибридов картофеля по устойчивости к возбудителям черной ножки клубней выделены формы 08.193/119, 08.187/13 и 08.187/64, обладающие относительно высокой устойчивостью к патогену. Остальные образцы характеризовались средней устойчивостью.

**РАЗДЕЛ 1. СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО
КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР**

Таблица 1 – Характеристика межвидовых гибридов картофеля по устойчивости к фитофторозу и черной ножке, 2016–2020 гг.

Селекционный номер	Устойчивость, балл			
	к фитофторозу		к черной ножке	
	листья	клубни	стебли	клубни
08.161с/79	7,0	7,2	5,4	6,2
08.182/101	6,3	5,8	4,9	6,9
09.236с/1	6,3	5,9	3,6	6,3
08.195/26	3,7	4,7	4,9	6,1
08.195/15	3,0	4,5	3,6	5,7
08.187/93	3,0	4,6	5,5	5,3
08.194/33	2,3	5,7	4,8	5,7
08.194/73	2,3	6,9	4,3	6,2
10.1/47	2,3	6,0	3,5	5,9
08.187/161	2,3	4,4	5,4	5,9
08.193/9	2,3	5,2	5,9	6,3
08.197/48	2,3	5,1	5,3	6,9
10.1/53	2,3	5,3	5,4	5,6
08.182/59	2,3	4,8	4,3	6,2
08.193/119	1,7	3,7	5,5	7,2
08.187/13	1,7	4,8	5,8	7,0
08.187/73	1,7	3,9	3,5	5,7
08.194/81	1,7	5,7	3,2	6,2
09.4/72	1,7	4,3	4,9	5,8
08.197/105	1,7	6,7	4,4	5,9
09.13/33	1,7	5,0	4,7	6,0
08.105/73	1,7	4,4	4,7	6,2
08.195/89	1,7	4,1	5,6	6,3
08.194/50	1,0	4,5	3,0	6,5
08.187/64	1,0	3,9	5,4	7,1
08.136/138	1,0	4,6	4,6	5,5
08.193/5	1,0	5,0	4,6	4,9
08.194/122	1,0	6,8	5,6	6,5
Лилея (контроль)	2,3	5,4	4,5	6,8
Манифест (контроль)	1,0	5,7	4,6	7,2
Скарб (контроль)	1,0	4,0	4,8	6,6
Янка (контроль)	1,0	5,6	4,6	7,6
Криница (контроль)	1,0	5,5	5,3	6,8
Вектар (контроль)	4,3	6,0	4,6	7,2
Здабытак (контроль)	6,3	6,7	5,4	6,0

В период вегетации в фазу бутонизации – цветения проведен отбор листовых проб и анализ на наличие скрытой вирусной инфекции у изучаемых сортов. Характеристика образцов на пораженность вирусными болезнями представлена в таблице 2.

Изучение наличия скрытой вирусной инфекции методом ИФА показало, что все изученные образцы содержали инфекцию М-вируса картофеля. Наименьшее поражение данным вирусом (10 %) отмечено у образца 08.136/138. Пораженность гибридов 08.195/89, 08.187/13 и 08.195/26 М-вирусом составила 30, 44 и 50 % соответственно.

Не содержали инфекцию вируса S формы: 08.161с/79, 08.197/48, 08.194/122, 08.193/119, 09.236с/1, 10.1/53, 08.187/73, 08.187/161, 10.1/47, 08.195/26, 09.13/33, 08.187/13 и 08.136/138. Поражение данным вирусом на уровне 10–22 % было отмечено у образцов

**РАЗДЕЛ 1. СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО
КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР**

Таблица 2 – Поражение гибридов картофеля вирусной инфекцией по результатам ИФА, 2016–2020 гг.

Селекционный номер	Пораженность вирусами, %					
	X	Y	S	M	L	A
08.161с/79	0	0	0	100	0	0
08.197/48	0	12	0	100	0	0
08.194/33	0	0	50	100	0	0
08.195/89	0	0	90	30	0	0
08.194/50	0	100	30	100	0	0
08.194/122	0	0	0	100	0	0
08.193/119	0	0	0	100	0	0
08.194/81	0	0	11	100	0	0
09.236с/1	10	0	0	100	0	0
10.1/53	0	0	0	100	0	0
08.187/73	0	0	0	90	0	0
08.194/73	22	0	33	100	0	0
08.187/161	0	0	0	100	0	0
08.187/93	0	0	20	100	0	0
08.193/9	0	0	20	100	0	0
10.1/47	0	0	0	100	0	0
08.105/73	0	0	20	100	20	0
08.195/15	0	0	12	100	0	0
08.182/101	0	0	22	89	0	0
08.195/26	0	0	0	50	10	0
09.13/33	0	0	0	100	0	0
09.4/72	0	0	70	100	0	0
08.193/5	0	0	60	100	0	0
08.197/105	0	0	10	100	10	0
08.187/13	0	0	0	44	0	0
08.136/138	0	0	0	10	0	0
08.182/59	0	0	60	100	0	0
08.187/64	0	0	70	100	0	0
Лиляя (контроль)	0	67	67	33	0	0
Манифест (контроль)	0	0	0	100	0	0
Скарб (контроль)	0	30	30	70	0	0
Янка (контроль)	0	0	0	40	0	0
Криница (контроль)	0	0	0	40	0	0
Вектар (контроль)	100	0	0	20	0	0
Здабытак (контроль)	100	0	20	20	0	0

08.194/81, 08.187/93, 08.193/9, 08.105/73, 08.195/15, 08.182/101 и 08.197/105. Остальные гибриды были поражены вирусом S от 30 до 100 %.

Наибольшая пораженность Y-вирусом картофеля (100 %) была у образца 08.194/50. Среднее поражение (12 %) отмечено у формы 08.197/48. У остальных изученных образцов вирус Y не обнаружен.

Поражение вирусом X на уровне 10–22 % отмечено у гибридов 09.236с/1 и 08.194/73. Вирус L выявлен только у образцов 08.105/73, 08.195/26 и 08.197/105 (поражение составило от 10 до 20 %). Вирус A среди изученных образцов не выявлен.

В послеуборочный период сортообразцы изучены по продуктивности, содержанию крахмала в клубнях и пригодности к промышленной переработке на хрустящий картофель (табл. 3).

**РАЗДЕЛ 1. СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО
КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР**

Таблица 3 – Характеристика межвидовых гибридов картофеля по продуктивности, содержанию крахмала и пригодности к промышленной переработке на картофелепродукты после пяти месяцев хранения, 2016–2020 гг.

Селекционный номер	Продуктивность, г/куст	Содержание крахмала, %	Пригодность к промышленной переработке на картофелепродукты, балл
08.161с/79	1 400	15,8	2
08.197/48	1 300	12,9	2
08.194/33	1 150	10,1	5
08.195/89	1 070	9,7	2
08.194/50	1 040	10,1	4
08.194/122	1 030	11,1	4
08.193/119	1 010	10,5	3
08.194/81	1 010	9,9	2
09.236с/1	990	10,4	2
10.1/53	980	14,0	5
08.187/73	960	11,9	6
08.194/73	910	9,2	2
08.187/161	890	8,1	7
08.187/93	860	13,1	3
08.193/9	850	14,4	5
10.1/47	810	12,8	6
08.105/73	810	12,8	5
08.195/15	800	11,1	5
08.182/101	730	13,6	6
08.195/26	720	11,4	4
09.13/33	720	15,2	4
09.4/72	710	11,3	2
08.193/5	770	11,6	4
08.197/105	740	10,7	5
08.187/13	690	14,6	7
08.136/138	690	11,4	4
08.182/59	690	11,6	3
08.187/64	630	11,4	2
Лилея (контроль)	960	10,5	3
Манифест (контроль)	920	12,8	6
Скарб (контроль)	860	11,1	3
Янка (контроль)	1 130	12,0	4
Криница (контроль)	800	13,9	6
Вектар (контроль)	890	14,1	6
Здабытак (контроль)	790	18,8	6

По продуктивности выделены образцы 08.161с/79, 08.197/48, 08.194/33, 08.195/89, 08.194/50, 08.194/122, 08.193/119 и 08.194/81, у которых она составила 1 010–1 400 г/куст. Данные гибриды могут быть использованы в селекционной работе как источники высокой продуктивности. У десяти гибридов продуктивность составила 800–990 г/куст.

Максимальное содержание крахмала 15,2–15,8 % отмечено у гибридов 8.161с/79 и 09.13/33. У 22 образцов крахмалистость составила от 10 до 15 %.

В результате трехлетней оценки межвидовых гибридов картофеля на пригодность к промышленной переработке на хрустящий картофель после пяти месяцев хранения

выделились формы 08.187/13 и 08.187/161, которые показали относительно высокий балл пригодности и рекомендуются в качестве источников данного признака.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований выделен в качестве источника устойчивости к фитофторозу листьев и клубней гибрид 08.161с/79 (7,0 баллов).

По устойчивости к возбудителям черной ножки стеблей выделено 11 образцов: 08.161с/79, 08.187/93, 08.187/161, 08.193/9, 08.197/48, 10.1/53, 08.193/119, 08.187/13, 08.194/122, 08.187/64, 08.195/89, характеризующихся средним уровнем устойчивости к заболеванию.

Относительно высокая устойчивость к возбудителям черной ножки клубней отмечена у образцов 08.193/119, 08.187/13 и 08.187/64. Данные образцы рекомендуются в качестве источника устойчивости к данному заболеванию.

Наименьшее содержание вирусной инфекции по результатам ИФА наблюдалось у гибридов 08.187/13 и 08.136/138.

По продуктивности выделены образцы 08.161с/79, 08.197/48, 08.194/33, 08.195/89, 08.194/50, 08.194/122, 08.193/119 и 08.194/81 с продуктивностью 1 010–1 400 г/куст.

Максимальное содержание крахмала 15,2–15,8 % отмечено у гибридов 08.161с/79 и 09.13/33.

По пригодности к промышленной переработке на хрустящий картофель после пяти месяцев хранения без рекондиционирования выделились формы 08.187/13 и 08.187/161, которые показали относительно высокий балл пригодности готового продукта.

Выделенные гибриды рекомендуются в качестве источников хозяйственно ценных признаков для селекции.

Список литературы

1. Методы оценки картофеля, овощных и плодовых культур на устойчивость к болезням : метод. рекомендации / БелНИИ картофелеводства и плодоовощеводства ; под ред. Н. А. Дорожкина, В. Г. Иванюка. – Минск, 1987. – 95 с.
2. Шнейдер, Ю. Оценка устойчивости сортов картофеля / Ю. Шнейдер // Защита растений от вредителей и болезней. – 1995. – № 12. – С. 22–23.
3. Складорова, Н. П. Методические указания по определению иммунитета и сверхчувствительности селекционного материала картофеля к вирусам X и Y и полевой устойчивости к вирусным болезням / Н. П. Складорова, Р. В. Черепанова. – Красково 2 : НИИКХ, 1978. – 26 с.
4. Методические указания по оценке и поддержанию мировой коллекции картофеля / ВИР ; сост. С. М. Букасов [и др.]. – Л., 1976. – 30 с.
5. Методика исследований по культуре картофеля / Отделение растениеводства и селекции Всесоюзной Академии сельскохозяйственных наук имени В. И. Ленина, НИИ картофельного хозяйства ; редкол.: Н. А. Андрияшина [и др.]. – М., 1967. – 225 с.
6. Методические рекомендации по специализированной оценке сортов картофеля / М-во с.-х. и прод. Респ. Беларусь ; сост. С. А. Банадисев [и др.]. – Минск, 2003. – 79 с.
7. Инструкция по использованию иммуноферментного диагностического набора для определения вирусов картофеля / Рос. с.-х. акад. НПО по картофелеводству. – Коренево, 1993. – 9 с.

Поступила в редакцию 28.11.2023 г.

A. V. CHASHINSKIY, V. A. KOZLOV, N. V. RUSETSKIY

**ALLOCATION AMONG THE HYBRIDS OF FOREIGN SELECTION
THE SOURCES OF ECONOMICALLY VALUABLE TRAITS**

SUMMARY

The results of a study on interspecific hybrids of potato of foreign selection by economically valuable traits are presented. As a result of the research, the sources of productivity, suitability for processing into potato products after 5 months of storage, without reconditioning, sources of resistance to late blight, blackleg and viral diseases were identified.

Key words: potato; interspecific hybrid; sources of economically valuable traits; resistance; late blight; blackleg; viral diseases; productivity; suitability for industrial processing into potato products.

РАЗДЕЛ 2

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА, ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩЕЙ

УДК 635.21:631.526.32:631.893

Д. С. Гастило, кандидат сельскохозяйственных наук,
старший научный сотрудник

Д. Д. Фицуро, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,
заведующий лабораторией технологий производства и хранения картофеля

В. А. Сердюков, научный сотрудник

РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук
Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству»,
аг. Самохваловичи, Минский район

ВЛИЯНИЕ ДОЗ КОМПЛЕКСНОГО АЗОТНО-ФОСФОРНО-КАЛИЙНОГО УДОБРЕНИЯ МАРКИ 7-20-30 НА УРОЖАЙНОСТЬ, БИОМЕТРИЧЕСКИЕ И БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ СОРТОВ КАРТОФЕЛЯ ПРИ ЛОКАЛЬНОМ СПОСОБЕ ЕГО ВНЕСЕНИЯ

РЕЗЮМЕ

Представлены результаты исследований влияния доз комплексного азотно-фосфорно-калийного удобрения марки 7-20-30 при его локальном внесении на биометрические показатели растений (количество стеблей и высота кустов), урожайность и ее структуру, а также биохимические показатели клубней (сухое вещество, крахмал, суммарный белок, витамин С, нитраты). При выращивании картофеля на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве максимальная урожайность отмечена в варианте ФОН (40 т/га органических удобрений) + $N_{35+65}P_{100}K_{150}$, которая превышала контрольный вариант (без удобрений) на 21,9 т/га (74,5 %), 15,8 (64,0), 12,3 т/га (43,6 %) по сортам Першавец, Скарб и Рубин соответственно.

Ключевые слова: картофель; сорт; дозы комплексного удобрения; урожайность; биометрические и биохимические показатели.

ВВЕДЕНИЕ

Картофель в течение всего периода вегетации требователен к условиям минерального питания, особенно в период интенсивного клубнеобразования. Наиболее активное поступление питательных веществ в растения происходит в фазы бутонизации и цветения. При применении удобрений под картофель необходимо учитывать его сортовые особенности, так как ранние сорта потребляют элементы питания интенсивнее и за более короткий период, чем поздние [1, 2].

В последнее время наряду со стандартными формами минеральных удобрений в технологии возделывания картофеля применяются различные варианты комплексных удобрений. Их внесение под картофель – новый этап в использовании минеральных удобрений, обеспечивающий при правильной системе их применения более продуктивное усвоение растениями питательных элементов [3–9].

**РАЗДЕЛ 2. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА,
ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩЕЙ**

В настоящее время на рынке представлено много новых форм комплексных минеральных удобрений, в том числе и для картофеля. Их применение взамен простых форм оправдано с хозяйственной и экономической точек зрения, так как позволяет более равномерно внести питательные вещества в зону клубневого гнезда, снизить уплотненность почвы за счет уменьшения количества проездов техники по полю, уменьшить потребность в технике, а также гарантировать внесение элементов питания в заданном соотношении. Наукой и практикой установлено, что отдача от удобрений зависит не только от дозы и соотношения между элементами питания, но и от способа их внесения. Урожайность клубней картофеля в среднем увеличивается на 2–4 т/га при замене разбросного способа локальным, при котором можно получить наибольшую отдачу от внесения удобрений [10–12].

На основании вышеизложенного целью данного исследования было изучение влияния доз комплексного NPK удобрения марки 7-20-30 при локальном способе внесения на урожайность и качество клубней картофеля разных сроков созревания в условиях центральной части Беларуси.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Опыт проводили на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве технологического севооборота РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству» в 2020–2022 гг.

Фактор А – сорт:

1. Першацвет;
2. Скарб;
3. Рубин.

Фактор В – дозы удобрения:

1. Контроль – без удобрений;
2. ФОН – 40 т/га органических удобрений;
3. $N_{14} P_{40} K_{60}$;
4. ФОН + $N_{14} P_{40} K_{60}$;
5. $N_{28} P_{80} K_{120}$;
6. ФОН + $N_{28} P_{80} K_{120}$;
7. $N_{35} P_{100} K_{150}$;
8. ФОН + $N_{35} P_{100} K_{150}$;
9. $N_{35+65} P_{100} K_{150}$;
10. ФОН + $N_{35+65} P_{100} K_{150}$.

Пахотный горизонт опытных участков, где проводили агротехнические опыты, характеризуется следующими агрохимическими показателями: рН среднекислые (2 группа), содержание гумуса недостаточное (3 группа), содержание фосфора и калия – от повышенного до высокого (табл. 1).

В данной работе было использовано комплексное, гранулированное (гранулы от светло-серого до красноватого цвета размером до 1 мм – 5 % и 2–5 мм – 95 %),

Таблица 1 – Агрохимическая характеристика пахотного (0–22 см) горизонта почвы опытных участков, 2020–2022 гг.

Показатели	Дерново-подзолистая среднесуглинистая почва
Гумус (по Тюрину), %	1,73–2,00
рН в КСИ	4,4–4,8
P ₂ O ₅ (по Кирсанову), мг/кг	205,2–335,0
K ₂ O (по Кирсанову), мг/кг	259,0–334,0

РАЗДЕЛ 2. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА, ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩЕЙ

сложно-смешанное, азотно-фосфорно-калийное удобрение (NPK), которое содержит в своем составе главные элементы питания для растений – азот ($7\pm 1\%$), фосфор (20 ± 1) и калий ($30\pm 1\%$). Производится методом паровой грануляции. Класс опасности 3 – умеренно-опасные. Данное удобрение выпускается на ОАО «Беларуськалий», г. Солигорск (рис. 1).

Предшественник в севообороте – озимый рапс на маслосемена. Удобрение вносили согласно схеме опыта локально при посадке. Из-за низкого содержания азота (N_7) в вариантах 9 и 10 был добавлен сульфат аммония (N_{65}) для сбалансированности по основным элементам питания. Технологию возделывания – общепринятая при выращивании картофеля с шириной междурядий 75 см на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве [13].

В соответствии с методикой исследований по культуре картофеля в период вегетации проводили следующие учеты и наблюдения: фенологические – начало (10 %) и массовое (75 %) появление всходов, бутонизация и цветение [14]. Урожайность учитывали в каждой повторности с определением структуры урожая по фракциям [15, 16].

Биохимические показатели клубней – содержание сухого вещества, крахмала определяли термостатно-весовым методом, содержание нитратов – ионоселективным методом, витамина С – по Мурри [17], суммарного белка – реактивом Оранж Ж [18].

Агрохимический анализ почвы: содержание подвижных форм фосфора и калия устанавливали по Кирсанову, гидролитическую кислотность – по Каппену, pH – метрическим методом, гумус – по Тюрину [17].

Результаты исследований полевых опытов обработаны методом дисперсионного анализа по «Методике полевого опыта» Б. А. Доспехова и программой Statistica 10 [19].

Метеорологические условия в годы проведения полевых исследований отличались и были нестабильны в течение вегетационных периодов (рис. 2 и 3). Весной, в апреле, в период проведения весенне-полевых работ по подготовке почвы к посадке картофеля среднесуточная температура воздуха была выше среднегодовой ($5,3\text{ }^{\circ}\text{C}$) на $0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ в 2022 г. ($5,5\text{ }^{\circ}\text{C}$) и $1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($6,8\text{ }^{\circ}\text{C}$) в 2021 г., составив $6,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ в среднем. Осадков в 2020 и 2021 гг. выпало меньше нормы ($47,9\text{ мм}$) на $14,3\text{ мм}$ ($33,6\text{ мм}$), в 2022 г. – $117,1\text{ мм}$, или $244,5\%$ от нормы, то есть почва была переувлажненной.

Среднесуточная температура в мае 2020 г. была ниже среднегодового показателя ($13,7\text{ }^{\circ}\text{C}$) и не превышала среднесуточной в 2021 г. ($12,1\text{ }^{\circ}\text{C}$), а самый холодный май



Рисунок 1 – Внешний вид комплексного азотно-фосфорно-калийного удобрения (NPK) марки 7-20-30

**РАЗДЕЛ 2. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА,
ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩЕЙ**

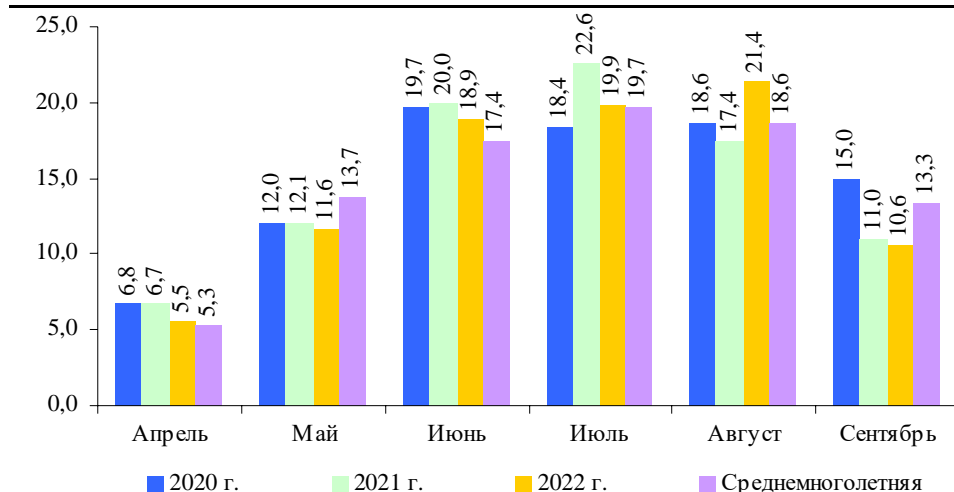


Рисунок 2 – Среднесуточная температура воздуха по месяцам за 2020–2022 гг., °С (агростанция «Минск», аг. Самохваловичи Минского района Минской области)

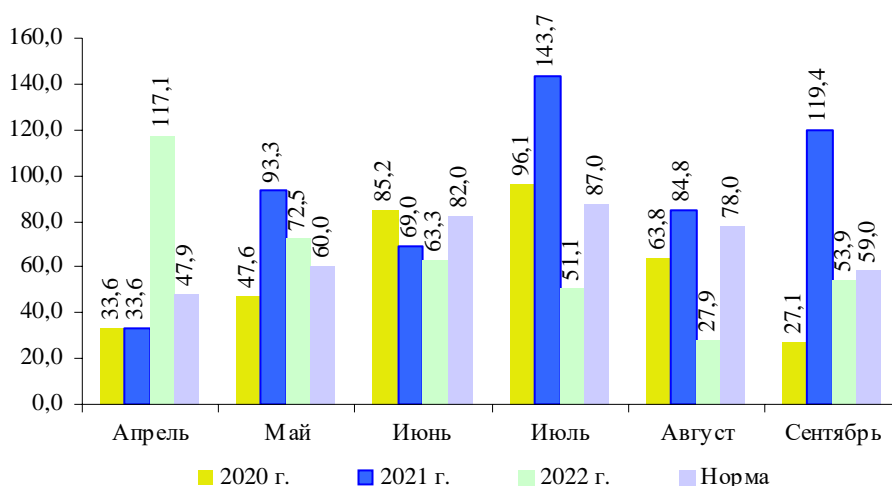


Рисунок 3 – Количество осадков по месяцам за 2020–2022 гг., мм (агростанция «Минск», аг. Самохваловичи Минского района Минской области)

был в 2022 г. – 11,6 °С. Количество выпавших осадков превысило норму (60 мм) на 33,3 мм в 2021 г. и 12,5 мм в 2022 г. и составило 93,3 и 72,5 мм соответственно. Май 2020 г. был более сухой, осадков выпало 47,6 мм, что составило 79,3 % от нормы. Почва в 2021 и 2022 гг. была в течение всего месяца хорошо увлажненная, в 2020 г. – от слабо до хорошо увлажненной.

В июне 2021 г. температура в среднем за месяц составила 20,0 °С, что на 2,6 °С выше среднеголетней (17,4 °С), в 2022 г. превышение было на 1,5 °С, в 2020 г. – на 2,3 °С. В июне 2021 и 2022 гг. отмечался дефицит осадков, всего за месяц выпало 69,0 и 63,3 мм соответственно, что составило 84,2 и 77,2 % от нормы (82,0 мм). В 2022 г. было незначительное превышение нормы количества выпавших осадков – на 3,2 мм (85,2 мм, или 103,9 % от нормы).

Среднесуточная температура воздуха в июле 2020 г. была на 1,3 °С ниже средне-многолетней (19,7 °С) и составила 18,4 °С, в 2022 г. – находилась в пределах нормы – 19,9 °С. Существенное превышение было отмечено в 2021 г. – 22,6 °С, что выше средне-многолетней на 2,9 °С. Количество выпавших осадков в июле 2020 г. превысило норму (87,0 мм) на 9,1 мм, в 2021 г. – на 56,7 мм (165,2 % от нормы). Сухой июль был в 2022 г., всего выпало осадков 58,7 % от нормы. Почва в июле в годы исследований была от слабо до хорошо увлажненной.

В августе 2020 г. температура воздуха была на уровне среднемноголетней (18,6 °С), в 2021 г. – ниже на 1,2 °С, а в 2022 г. – выше на 2,8 °С. Осадки выпадали неравномерно по годам, август 2022 г. был сухой, всего за месяц выпало 27,9 мм, или 35,8 % от нормы (78 мм), в 2020 г. – 63,8 мм, или 81,8 % от нормы. Выше нормативного показателя осадков выпало в 2021 г. – 84,8 мм, или 108,2 % от нормы. Почва в августе была от слабо до хорошо увлажненной.

Среднесуточная температура в сентябре 2021 и 2022 гг. была ниже среднемноголетней (13,3 °С) на 2,3 и 2,7 °С соответственно, а в 2020 г. – на 1,7 °С выше. Количество выпавших осадков было значительно ниже нормы в 2020 г. – 27,1 мм, или 45,9 % от нормы (59,0 мм) и незначительно ниже – 5,1 мм в 2022 г. Большое количество выпавших осадков отмечено в сентябре 2021 г. – 119,4 мм, что выше нормы на 60,4 мм.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования показали, что максимальная высота растений отмечена при внесении комплексного минерального удобрения в варианте с дозой ФОН + $N_{35+65}P_{100}K_{150}$ и по сортам составила: Першацвет – 61,5 см (+12,3 см), Скарб – 55,4 (+4,8) и Рубин – 77,0 см (+17,6 см) по сравнению с контрольным вариантом. Минимальная высота растений была в варианте с минимальной дозой комплексных удобрений $N_{14}P_{40}K_{60}$. Снижение данного показателя по сортам составило 6,3 см (Першацвет), 13,3 (Скарб), 12,7 см (Рубин) в сравнении с контрольным вариантом.

Влияние вносимых доз комплексного минерального удобрения марки 7-20-30 на биометрические показатели изучаемых сортов картофеля представлено в таблице 2. Из таблицы видно, что количество стеблей по сортам составило: Першацвет – 3,3–4,5 шт/куст, Скарб – 3,7–4,4 и Рубин – 4,9–5,5 шт/куст. У всех изучаемых сортов зависимости количества стеблей от доз внесения комплексного минерального удобрения установлено не было, за исключением вариантов $N_{14}P_{40}K_{60}$ и ФОН + $N_{14}P_{40}K_{60}$ у сорта Першацвет, где было получено достоверное снижение данного показателя.

Максимальная урожайность отмечена при внесении 40 т/га органических удобрений в сочетании с максимальной дозой комплексного удобрения (ФОН + $N_{35+65}P_{100}K_{150}$), которая превышала контрольный вариант на 21,9 т/га (74,5 %), 15,8 (64,0), 12,3 т/га (43,6 %) по сортам Першацвет, Скарб и Рубин соответственно (табл. 3).

Уменьшение дозы удобрения привело к снижению урожайности по всем изучаемым сортам. Минимальная урожайность отмечена в варианте $N_{14}P_{40}K_{60}$. Прибавка по сравнению с контролем составила у сорта Першацвет 1,9–3,7 т/га, Скарб – 1,1–3,3, Рубин – 1,6–1,7 т/га. Снижение урожайности по сравнению с вариантом ФОН + $N_{35+65}P_{100}K_{150}$ по сортам составило: Першацвет – 20,0 т/га (39,0 %), Скарб – 14,7 (36,3), Рубин – 10,7 т/га (26,4 %). Это можно объяснить уменьшением количества крупной фракции в структуре урожая на 26,3; 15,3; 22,7 % по сортам соответственно.

Увеличение дозы азота с N_{35} до N_{100} ($N_{35}P_{100}K_{150}$ и $N_{35+65}P_{100}K_{150}$), а также (ФОН + $N_{35}P_{100}K_{150}$ и ФОН + $N_{35+65}P_{100}K_{150}$) позволило повысить урожайность на 9,2–12,0 т/га (23,8–30,5 %) у сорта Першацвет, 10,5–10,9 (35,0–41,4) – Скарб и 3,8–10,0 т/га (10,4–32,9 %) –

**РАЗДЕЛ 2. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА,
ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩЕЙ**

Таблица 2 – Влияние доз внесения комплексного удобрения марки 7-20-30 на биометрические показатели растений картофеля, среднее за 2020–2022 гг.

Вариант опыта	Першацвет		Скарб		Рубин	
	Количество стеблей, шт/куст	Высота растений, см	Количество стеблей, шт/куст	Высота растений, см	Количество стеблей, шт/куст	Высота растений, см
Контроль – без удобрений	4,1	49,2	3,8	50,6	4,9	59,4
ФОН – 40 т/га органических удобрений	4,5	57,1	4,0	53,2	5,3	65,1
N ₁₄ P ₄₀ K ₆₀	3,5	42,9	3,7	37,3	5,4	46,7
ФОН + N ₁₄ P ₄₀ K ₆₀	3,3	51,2	4,0	45,9	5,3	52,5
N ₂₈ P ₈₀ K ₁₂₀	3,8	57,5	3,8	40,5	5,1	48,2
ФОН+ N ₂₈ P ₈₀ K ₁₂₀	3,8	51,2	4,0	47,3	5,0	54,2
N ₃₅ P ₁₀₀ K ₁₅₀	4,2	54,3	3,8	42,6	5,2	49,0
ФОН + N ₃₅ P ₁₀₀ K ₁₅₀	3,4	49,4	4,2	43,0	5,2	49,5
N ₃₅₊₆₅ P ₁₀₀ K ₁₅₀	4,1	59,0	4,4	52,3	5,5	65,0
ФОН + N ₃₅₊₆₅ P ₁₀₀ K ₁₅₀	4,1	61,5	4,4	55,4	5,2	77,0
НСР ₀₅	Фактор		Количество стеблей		Высота растений	
	А – сорт		0,19		1,07	
	В – дозы удобрения		0,62		2,59	
	Взаимодействие А : В		0,97		6,72	

Рубин. В структуре урожая отмечено увеличение доли крупной фракции на 2,0–5,3; 6,2–10,5; 10,8–19,8 % по сортам Першацвет, Скарб, Рубин соответственно.

Использование органических удобрений в дозе 40 т/га позволило получить прибавку урожайности 6,9; 5,0 и 8,7 т/га, а в сочетании с различными дозами комплексного удобрения – 0,6–4,3; 2,2–3,6 и 0,1–6,4 т/га по сортам Першацвет, Скарб и Рубин соответственно (табл. 4). Окупаемость 1 т органических удобрений составила 172,5 кг клубней (Першацвет), 125,0 (Скарб) и 217,5 кг клубней (Рубин), а при использовании с комплексным удобрением – 15,0–107,5 кг клубней (Першацвет), 55,0–90,0 (Скарб) и 2,5–160,0 кг клубней (Рубин).

Применение комплексного минерального удобрения дало прибавку урожайности 1,9–18,5 т/га (Першацвет), 1,1–12,6 (Скарб), 1,6–12,2 т/га (Рубин) в зависимости от доз внесения удобрения. Максимальная прибавка у сортов Першацвет и Рубин отмечена в варианте ФОН + N₃₅₊₆₅P₁₀₀K₁₅₀, а у сорта Скарб – N₃₅₊₆₅P₁₀₀K₁₅₀.

Окупаемость внесенного комплексного минерального удобрения на фоне 40 т/га органических удобрений 1 кг картофеля в зависимости от дозы по сортам составила: Першацвет – 32,5–67,1; Скарб – 18,6–45,2; Рубин – 14,9–42,1 кг клубней/1 кг д. в. НРК, а без органических удобрений – 16,7–52,9; 6,3–36,0 и 7,7–34,9 кг клубней/1 кг д. в. НРК по сортам Першацвет, Скарб и Рубин соответственно. Максимальная окупаемость отмечена в варианте ФОН + N₃₅₊₆₅P₁₀₀K₁₅₀ у сорта Скарб, а у сортов Першацвет и Рубин – в варианте ФОН + N₂₈P₈₀K₁₂₀.

Влияние доз комплексного минерального удобрения на биохимические показатели представлено в таблице 5. Увеличение доз азота привело к снижению содержания сухих веществ, а следовательно, и крахмала: при минимальной дозе N₁₄P₄₀K₆₀ данный показатель у сортов Скарб и Рубин был на уровне контрольного варианта, а в оставшихся вариантах с использованием комплексного удобрения – ниже контрольного варианта на 0,8–1,9 % (Скарб) и 0,6–2,6 % (Рубин). Минимальное количество сухих

**РАЗДЕЛ 2. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА,
ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩЕЙ**

Таблица 3 – Влияние доз внесения комплексного удобрения на урожайность изучаемых сортов картофеля и их структуру, среднее за 2020–2022 гг.

Вариант опыта	Перламбет						Скарб						Рубин					
	Общая урожайность, т/га	Структура урожая, %			Товарная урожайность, т/га	Товарность, %	Общая урожайность, т/га	Структура урожая, %			Товарная урожайность, т/га	Товарность, %	Общая урожайность, т/га	Структура урожая, %			Товарная урожайность, т/га	Товарность, %
		> 60 мм	30–60 мм	< 30 мм				> 55 мм	28–55 мм	< 28 мм				> 55 мм	28–55 мм	< 28 мм		
Контроль – без удобрений	29,4	65,6	28,8	5,6	27,8	94,4	24,7	47,3	39,8	12,9	87,1	21,5	23,2	60,4	14,4	85,6	24,1	
ФОН – 40 т/га органических удобрений	36,3	64,6	30,6	4,8	34,6	95,2	29,7	50,8	43,0	6,2	93,8	27,9	48,4	45,3	6,3	93,7	34,6	
N ₁₄ P ₄₀ K ₆₀	31,3	47,1	47,8	5,1	29,7	94,9	25,8	41,2	52,2	6,6	93,4	24,1	27,5	61,9	10,6	89,4	26,6	
ФОН + N ₁₄ P ₄₀ K ₆₀	33,1	65,0	31,9	3,1	32,1	96,9	28,0	40,7	53,4	5,9	94,1	26,3	31,9	58,8	9,3	90,7	27,1	
N ₂₈ P ₈₀ K ₁₂₀	40,4	62,6	34,1	3,3	39,1	96,7	26,8	48,2	45,3	6,5	93,5	25,1	43,9	43,9	12,2	87,8	27,6	
ФОН + N ₂₈ P ₈₀ K ₁₂₀	44,7	70,7	25,9	3,4	43,2	96,6	30,4	46,1	51,2	2,7	97,3	29,6	44,8	49,1	6,1	93,9	35,5	
N ₃₅ P ₁₀₀ K ₁₅₀	38,7	62,6	33,4	4,0	37,2	96,0	26,5	46,2	47,3	6,5	93,5	24,8	30,6	59,3	10,1	89,9	27,3	
ФОН + N ₃₅ P ₁₀₀ K ₁₅₀	39,3	68,1	27,6	4,3	37,6	95,7	30,0	50,3	44,8	4,9	95,1	28,5	39,4	53,1	7,5	92,5	33,9	
N ₃₅₊₆₅ P ₁₀₀ K ₁₅₀	47,9	64,6	30,4	5,0	45,5	95,0	37,4	56,7	37,5	5,8	94,2	35,2	50,4	40,9	8,7	91,3	36,9	
ФОН + N ₃₅₊₆₅ P ₁₀₀ K ₁₅₀	51,3	73,4	22,1	4,5	49,0	95,5	40,5	56,5	38,0	5,5	94,5	38,3	50,2	42,0	7,8	92,2	37,3	
НСР ₀₅	Фактор А – сорт	Взаимодействие А : В																
	Фактор В – дозы удобрения	–																
		1,29			2,35			5,48										

**РАЗДЕЛ 2. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА,
ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩЕЙ**

Таблица 4 – Прибавка урожайности картофеля в зависимости от доз внесения комплексных удобрений, среднее за 2020–2022 гг.

Вариант опыта	Урожайность, т/га	Прибавка урожайности, т/га			Окупаемость 1 кг НРК/1 т органических удобрений
		общая	органические удобрения	дозы удобрений	
Першацвет					
Контроль – без удобрений	29,4	–	–	–	–
ФОН – 40 т/га органических удобрений	36,3	6,9	6,9	–	172,5
N ₁₄ P ₄₀ K ₆₀	31,3	1,9	–	1,9	16,7/–
ФОН + N ₁₄ P ₄₀ K ₆₀	33,1	3,7	1,8	1,9	32,5/45,0
N ₂₈ P ₈₀ K ₁₂₀	40,4	11,0	–	11,0	48,2/–
ФОН + N ₂₈ P ₈₀ K ₁₂₀	44,7	15,3	4,3	11,0	67,1/107,5
N ₃₅ P ₁₀₀ K ₁₅₀	38,7	9,3	–	9,3	32,6/–
ФОН + N ₃₅ P ₁₀₀ K ₁₅₀	39,3	9,9	0,6	9,3	34,7/15,0
N ₃₅₊₆₅ P ₁₀₀ K ₁₅₀	47,9	18,5	–	18,5	52,9/–
ФОН + N ₃₅₊₆₅ P ₁₀₀ K ₁₅₀	51,3	21,9	3,4	18,5	62,6/85,0
Скарб					
Контроль – без удобрений	24,7	–	–	–	–
ФОН – 40 т/га органических удобрений	29,7	5,0	5,0	–	125,0
N ₁₄ P ₄₀ K ₆₀	25,8	1,1	–	1,1	9,7/–
ФОН + N ₁₄ P ₄₀ K ₆₀	28,0	3,3	2,2	1,1	28,9/55,0
N ₂₈ P ₈₀ K ₁₂₀	26,8	2,1	–	2,1	9,2/–
ФОН + N ₂₈ P ₈₀ K ₁₂₀	30,4	5,7	3,6	2,1	25,0/90,0
N ₃₅ P ₁₀₀ K ₁₅₀	26,5	1,8	–	1,8	6,3/–
ФОН + N ₃₅ P ₁₀₀ K ₁₅₀	30,0	5,3	3,5	1,8	18,6/87,5
N ₃₅₊₆₅ P ₁₀₀ K ₁₅₀	37,4	12,6	–	12,6	36,0/–
ФОН + N ₃₅₊₆₅ P ₁₀₀ K ₁₅₀	40,5	15,8	3,2	12,6	45,2/80,0
Рубин					
Контроль – без удобрений	28,2	–	–	–	–
ФОН – 40 т/га органических удобрений	36,9	8,7	8,7	–	217,5
N ₁₄ P ₄₀ K ₆₀	29,8	1,6	–	1,6	14,0/–
ФОН + N ₁₄ P ₄₀ K ₆₀	29,9	1,7	0,1	1,6	14,9/2,5
N ₂₈ P ₈₀ K ₁₂₀	31,4	3,2	–	3,2	14,0/–
ФОН + N ₂₈ P ₈₀ K ₁₂₀	37,8	9,6	6,4	3,2	42,1/160,0
N ₃₅ P ₁₀₀ K ₁₅₀	30,4	2,2	–	2,2	7,7/–
ФОН + N ₃₅ P ₁₀₀ K ₁₅₀	36,7	8,5	6,3	2,2	29,8/157,5
N ₃₅₊₆₅ P ₁₀₀ K ₁₅₀	40,4	12,2	–	12,2	34,9/–
ФОН + N ₃₅₊₆₅ P ₁₀₀ K ₁₅₀	40,5	12,3	0,1	12,2	35,2/2,5
НСР ₀₅ :					
фактор А – сорт	1,29				
фактор В – дозы удобрения	2,35				
взаимодействие А : В	5,48				

РАЗДЕЛ 2. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА, ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩЕЙ

веществ, в том числе и крахмала, было установлено в варианте с максимальной дозой удобрений (ФОН + $N_{35+65}P_{100}K_{150}$). У раннего сорта Першцвет при внесении данного удобрения содержание сухих веществ и крахмала было ниже контрольного варианта на 0,5–1,7 % в зависимости от дозы используемого удобрения.

Применение комплексного удобрения в дозах от $N_{14}P_{40}K_{60}$ до ФОН + $N_{35+65}P_{100}K_{150}$ повышало содержание суммарного белка у сорта Скарб от 0,06 до 0,15 % и у сорта Рубин – от 0,05 до 0,10 %, а у сорта Першцвет – снижало от 0,08 до 0,15 %. Использование минимальной дозы ($N_{14}P_{40}K_{60}$) данного удобрения привело к увеличению количества суммарного белка на 0,10 % у сорта Першцвет, а также к снижению на 0,08 и 0,07 % у сортов Скарб и Рубин соответственно. Максимальное количество суммарного белка у сортов Першцвет и Скарб отмечено в варианте ФОН + $N_{28}P_{80}K_{120}$, а у сорта Рубин – ФОН + $N_{35}P_{100}K_{150}$, увеличение данного показателя составило 0,12; 0,07 и 0,03 % по сортам соответственно.

Увеличение содержания витамина С у сорта Першцвет отмечено в вариантах $N_{35}P_{100}K_{150}$ (+2,1 мг%) и ФОН + $N_{35}P_{100}K_{150}$ (+2,5), Скарб – в вариантах с минимальной дозой удобрений $N_{14}P_{40}K_{60}$ (+1,6) и ФОН + $N_{14}P_{40}K_{60}$ (+2,1), Рубин – только в варианте $N_{14}P_{40}K_{60}$ (+1,9 мг%). Также установлено снижение в варианте ФОН + $N_{28}P_{80}K_{120}$ на 1,8 мг% (Першцвет) и 2,1 (Скарб), а в варианте $N_{28}P_{80}K_{120}$ – на 1,9 мг% (Скарб). В остальных случаях показатели были в пределах ошибки опыта или на уровне контрольного варианта.

Снижение дозы азота привело к уменьшению содержания нитратов в клубнях. Применение минимальной дозы удобрений в варианте $N_{14}P_{40}K_{60}$ показало наименьшее содержание нитратов у сорта Першцвет – 134,2 (–43,9) мг/кг сырой массы, Скарб – 98,8 (–48,9) и Рубин – 59,8 (–45,2) мг/кг сырой массы по сравнению с контрольным вариантом. Максимальное содержание нитратов отмечено у раннего сорта Першцвет – 330,3 мг/кг сырой массы, что выше, чем у сорта Скарб на 133,9 мг/кг и у сорта Рубин на 143,6 мг/кг сырой массы при использовании максимальной дозы удобрения (ФОН + $N_{35+65}P_{100}K_{150}$).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований по использованию комплексного гранулированного удобрения марки 7-20-30 локальным способом установлено, что максимальная высота растений была достигнута при использовании дозы удобрения ФОН + $N_{35+65}P_{100}K_{150}$ – увеличение составило 12,3 см (Першцвет), 4,8 (Скарб), 17,6 см (Рубин).

Максимальная прибавка урожайности была получена в вариантах ФОН + $N_{35+65}P_{100}K_{150}$ и $N_{35+65}P_{100}K_{150}$ – 18,5; 12,6 и 12,2 т/га у сортов Першцвет, Скарб и Рубин соответственно. Увеличение дозы азота с N_{35} ($N_{35}P_{100}K_{150}$) до N_{100} ($N_{35+65}P_{100}K_{150}$) позволило повысить урожайность на 9,2–12,0 т/га (23,8–30,5 %) у сорта Першцвет, 10,5–10,9 (35,0–41,4) – Скарб и 3,8–10,0 т/га (10,4–32,9 %) – Рубин.

В варианте с минимальной дозой ($N_{14}P_{40}K_{60}$) удобрения содержание сухих веществ, в том числе и крахмала, у сортов Скарб и Рубин было на уровне контрольного варианта, а минимальное количество было установлено в варианте с максимальной дозой удобрений (ФОН + $N_{35+65}P_{100}K_{150}$).

Максимальное количество суммарного белка у сортов Першцвет и Скарб отмечено в варианте ФОН + $N_{28}P_{80}K_{120}$, а у сорта Рубин – ФОН + $N_{35}P_{100}K_{150}$.

Применение минимальной дозы удобрений в варианте $N_{14}P_{40}K_{60}$ показало наименьшее содержание нитратов у сорта Першцвет – 134,2 (–43,9) мг/кг сырой массы, Скарб – 98,8 (–48,9) и Рубин – 59,8 (–45,2) мг/кг сырой массы по сравнению с контрольным вариантом.

Максимальная окупаемость внесенного комплексного минерального удобрения на фоне 40 т/га органических удобрений 1 кг картофеля отмечена в варианте ФОН + N₃₅₊₆₅ P₁₀₀ K₁₅₀ у сорта Скарб, а у сортов Першавецт и Рубин – в варианте ФОН + N₂₈ P₈₀ K₁₂₀ и в зависимости от дозы по сортам составила: Першавецт – 32,5–67,1; Скарб – 18,6–45,2; Рубин – 14,9–42,1 кг клубней/1 кг д. в. НРК, а без органических удобрений 16,7–52,9; 6,3–36,0 и 7,7–34,9 кг клубней/1 кг д. в. НРК по сортам Першавецт, Скарб и Рубин соответственно.

Список литературы

1. Кинидин, В. В. Особенности питания и удобрения овощных культур и картофеля : учеб. пособие / В. В. Кинидин. – М. : ИНФРА-М, 2019. – 202 с.
2. Бронштейн, П. М. Влияние новых комплексных удобрений на урожайность отечественных сортов картофеля разной спелости в условиях Северо-Запада РФ / П. М. Бронштейн, А. М. Спиридонов // Роль молодых ученых в решении актуальных задач АПК. – СПб. : С.-Петерб. гос. аграр. ун-т, 2019. – С. 56–59.
3. Комплексные удобрения в технологии возделывания картофеля на дерново-подзолистых почвах / Г. В. Пироговская [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – Минск, 2017. – № 1 (58). – С. 153–169.
4. Комплексные удобрения : справ. пособие / В. Г. Минеев [и др.]. – М. : Агропромиздат, 1986. – 252 с.
5. Применение минеральных удобрений, модифицированных мезо- и микроэлементами, под картофель : рекомендации / А. В. Коршунов [и др.]. – М. : Рос. акад. с.-х. наук, Всерос. науч.-исслед. ин-т картоф. хоз-ва, 2002. – 42 с.
6. Комплексные удобрения для сельскохозяйственных культур: перспективные разработки / В. В. Лапа [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2009. – № 1 (42). – С. 244–248.
7. Хох, Н. А. Влияние различных уровней органо-минерального питания и ширины междурядий на продуктивность картофеля / Н. А. Хох, Д. В. Климентьева // Современные технологии сельскохозяйственного производства : материалы XII Междунар. науч.-практ. конф. – Гродно, 2009. – С. 251–252.
8. Эффективность применения микроудобрений и регуляторов роста при возделывании сельскохозяйственных культур / И. Р. Вильдфлуш [и др.]. – Минск : Беларус. навука, 2011. – 293 с.
9. Применение новых форм комплексных удобрений под основные сельскохозяйственные культуры: рекомендации / Г. В. Пироговская [и др.] ; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2011. – 48 с.
10. Локальное внесение минеральных удобрений эффективнее разбросного / А. Э. Шабанов [и др.] // Картофель и овощи. – 2011. – № 6. – С. 13.
11. Рылко, В. А. Оценка эффективности новых форм комплексных удобрений в посадках картофеля / В. А. Рылко // Технологические аспекты возделывания сельскохозяйственных культур : материалы XIX Междунар. науч.-практ. конф., Горки, 26–27 янв. 2022 г. – Горки : БГСХА, 2022. – С. 230–233.
12. Рыбаченок, В. П. Влияние различных форм комплексных удобрений и способов их внесения на урожайность и качество клубней картофеля / В. П. Рыбаченок, В. А. Рылко // Технологические аспекты возделывания сельскохозяйственных культур : материалы XIX Междунар. науч.-практ. конф., Горки, 26–27 янв. 2022 г. – Горки : БГСХА, 2022. – С. 226–229.
13. Организационно-технологические нормативы возделывания сельскохозяйственных культур : сб. отраслевых регламентов / Ин-т аграр. экономики НАН Беларуси ; рук. разработ. В. Г. Гусаков [и др.]. – Минск : Беларус. наука, 2005. – 460 с.

14. Росс, В. Биометрические измерения в посевах сельскохозяйственных культур / В. Росс, Ю. Росс // Методические указания по учету и контролю важнейших показателей процессов фотосинтетической деятельности растений в посевах / Всесоюз. акад. с.-х. наук им. В. И. Ленина, Отд-ние растениеводства и селекции, Науч. совет по фотосинтезу АН СССР. – М., 1969. – С. 25–49.

15. Методика исследований по культуре картофеля / Науч.-исслед. ин-т картоф. хоз-ва; редкол.: Н. А. Андриюшина [и др.]. – М.: [б. и.], 1967. – 265 с.

16. Методические рекомендации по специализированной оценке сортов картофеля / М-во сел. хоз-ва Респ. Беларусь; разработ.: С. А. Банадысев [и др.]. – Минск: [б. и.], 2003. – 71 с.

17. Практикум по агрохимии / Б. А. Ягодин [и др.]; под ред. Б. А. Ягодина. – М.: Агпроиздат, 1987. – 512 с.

18. Методы биохимического исследования растений / В. В. Арасимович [и др.]; под ред. А. И. Ермакова. – М.: Колос, 1987. – 456 с.

19. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – 5-е изд., доп. и перераб. – М.: Колос, 1985. – 416 с.

Поступила в редакцию 27.11.2023 г.

D. S. GASTILO, D. D. FITSURO, V. A. SERDYUKOV

THE INFLUENCE OF COMPLEX NITROGEN-PHOSPHORUS-POTASSIUM FERTILIZER GRADE 7-20-30 DOSES ON YIELD, BIOMETRIC AND BIOCHEMICAL INDICATORS OF POTATO VARIETIES WITH A LOCAL METHOD OF ITS APPLICATION

SUMMARY

The results of studies of the effect of doses of complex nitrogen-phosphorus-potassium fertilizer grade 7-20-30 when applied locally on the biometric indicators of plants (number of stems and height of bushes), yield and its structure, as well as biochemical indicators of tubers (dry matter, starch, total protein, vitamin C, nitrates). When growing potatoes on sod-podzolic medium loamy soil, the maximum yield was noted in the BACKGROUND variant (40 t/ha of organic fertilizers) + $N_{35+65}P_{100}K_{150}$, which exceeded the control variant (without fertilizers) by 21.9 t/ha (74.5 %), 15.8 (64.0), 12.3 t/ha (43.6 %) for the varieties Pershatsvet, Scarb and Rubin, respectively.

Key words: potato; variety; doses of complex fertilizer; yield; biometric and biochemical indicators.

УДК 635.64:631.8

И. П. Козловская, доктор сельскохозяйственных наук, доцент,
профессор кафедры ЭМТП и агротехнологий

Ю. В. Винокурова-Лабунская, аспирант

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,
г. Минск

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ УРОЖАЙНОСТИ ТОМАТА В ОТКРЫТОМ ГРУНТЕ

РЕЗЮМЕ

Обоснована целесообразность использования сидератов в сочетании с локальным внесением обеззараженного компоста при выращивании томата в открытом грунте. Возделывание сидератов (овес, редька масличная, горох) обеспечивает прибавку урожая на 10,3–13,7 т/га. Оптимальные дозы обеззараженного термоаммиачным способом компоста: при сидерации овсом – 300 г/растение, редькой масличной – 450, горохом – 150 г/растение; прибавка урожая – 3,7; 3,2; 6,5 т/га соответственно.

Ключевые слова: томат; урожайность; открытый грунт; сидеральные культуры; обеззараженный компост.

ВВЕДЕНИЕ

Рацион питания человека, содержащий все необходимые питательные вещества в правильном соотношении и количестве, невозможно составить без овощей. Овощи являются ценнейшим диетическим продуктом с высоким содержанием углеводов, витаминов, минеральных солей, фитонцидов, эфирных масел и пищевых волокон. Их употребляют в натуральном, сыром виде или перерабатывают с целью получения консервированной продукции, в том числе для детского питания. Для удовлетворения потребности в витаминах, белках, углеводах, минеральных солях и органических кислотах взрослому человеку необходимо ежедневно съедать около 400 г овощей [1].

Неотъемлемой частью рациона питания человека и лидером по потреблению являются томаты. Этот овощ содержит клетчатку, полезную для пищеварения, витамины А, В, К. Один крупный плод обеспечивает около 40 % суточной потребности в витамине С. Томаты богаты фолиевой кислотой и тиамином, являются важнейшим компонентом низкокалорийного рациона, источником железа, калия, марганца, магния, фосфора и меди. В 100 г томатов всего 18 ккал, из них 0,88 г белков, 0,2 – жиров и 2,69 г углеводов [2, 3].

Однако томаты могут содержать химические (тяжелые металлы, пестициды, нитраты и др.) и биологические загрязнители, источниками которых являются почва, воздух, вода, удобрения, пестициды. В связи с этим при производстве томатов должно уделяться особое внимание требованиям к их качеству и безопасности [2].

Для полноценного роста и развития растения томата нуждаются в сбалансированном питании, которое достигается за счет усвоения необходимых микро- и макроэлементов. Нарушения в питании растений проявляются в ослаблении роста, снижении урожайности и ухудшении качества плодов, включая вкусовые характеристики. Если томаты начнут испытывать дефицит элементов питания, увеличивается вероятность физиологических нарушений, которые сводят на нет товарность продукции.

При выращивании в открытом грунте растения извлекают элементы питания из почвы, но основными их источниками являются органические и минеральные удобрения [4].

Традиционной системой питания томата в открытом грунте считается органоминеральная. При этом неизбежен дисбаланс в потреблении растениями азота, что нарушает иммунитет растений, влияет на формирование вегетативной массы и созревание плодов, а также их качество. Для получения экологически чистой продукции следует свести к минимуму, а в идеале – исключить применение минеральных удобрений. В качестве органических удобрений целесообразно применение компостов и сидератов.

Цель наших исследований – изучить влияние различных доз обеззараженного компоста на урожайность томата в открытом грунте и определить его оптимальные дозы при локальном внесении на фоне различных сидератов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Исследования проведены на территории личного подсобного хозяйства в деревне Чухны Сморгонского района на легкосуглинистых почвах, развивающихся на лессовидных суглинках, подстилаемых моренным суглинком с глубины 75 см.

В агроклиматических условиях Республики Беларусь томат выращивают рассадным способом. Стандартную рассаду томата высаживали в свежезвесткованную почву после заделки сидерата.

Для пополнения запасов органического вещества в почве и обеспечения растений томата элементами питания использовали сидеральные культуры (овес, редька масличная, горох) и обеззараженный компост, полученный путем термоаммиачного компостирования.

Схема опыта:

1. Контроль (без сидерата и компоста);
2. Сидераты без компоста;
3. Сидераты + 150 г компоста локально;
4. Сидераты + 300 г компоста локально;
5. Сидераты + 450 г компоста локально.

Технологическая схема приготовления такого компоста основана на использовании термодинамических циклов без выброса углекислого газа, аммиака, сероводорода в атмосферу. Этот запатентованный в Республике Беларусь способ позволяет получить обеззараженный компост с высокой удобрительной ценностью, не содержащий патогенной микрофлоры, антибиотиков, сорняков. Обеззараживание навоза во время компостирования происходит за счет формирования термической среды с повышенным содержанием аммиака [5]. При использовании термоаммиачного компостирования соотношение С : N будет меньше 15 : 1, поэтому за счет образования дополнительного количества аммиака происходит аммонизация соломы и обеззараживание компоста, а выбросов газов компостирования в атмосферу не происходит. Такой компост биотермически обеззаражен и характеризуется высокой удобрительной ценностью.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Нами проведен сравнительный анализ влияния различных сидеральных культур (овес, редька масличная, горох) на урожайность томата в открытом грунте при локальном внесении обеззараженного компоста.

При выращивании томата без компоста и сидерации средняя урожайность составила всего 9,7 т/га (рис. 1). Использование сидеральных культур позволило получить значительно больший урожай – 20,0–23,4 т/га.

РАЗДЕЛ 2. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА,
ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩЕЙ

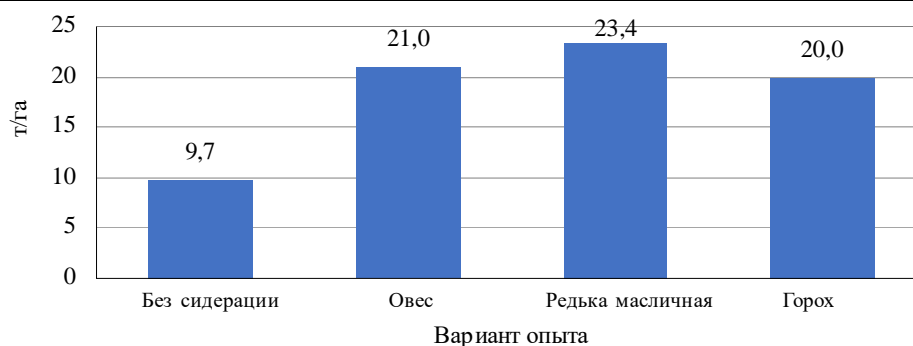


Рисунок 1 – Влияние сидерации на урожайность томата в открытом грунте, т/га

При использовании овса в качестве сидерата без компоста урожай томата составил 21,0 т/га. Эта важнейшая злаковая сидеральная культура при сравнительно небольшой биомассе характеризуется способностью оструктурировать и обогащать кислородом почву, очищать ее от сорняков. Корневые выделения овса препятствуют развитию грибковых заболеваний, появлению гнилей [6].

Использование в качестве сидерата редьки масличной позволило получить в открытом грунте 23,4 т/га томата. Редька масличная хорошо разрыхляет, дренирует и оструктурирует почву, повышает ее воздухо- и влагоемкость. Эфирные масла, которые содержатся во всех частях растений, способствуют оздоровлению почвы: отпугивают проволочника, подавляют грибковые инфекции. За счет формирования большого количества зеленой массы, которая активно разлагается микроорганизмами, почва пополняется органическим веществом и элементами питания в доступной для растений форме. Эти биологические особенности редьки масличной характеризуют растение как прекрасный сидерат [7, 8].

Выращивание томата на почве, где в качестве сидерата использовали горох, позволило получить урожайность 20,0 т/га. Горох – хорошая сидеральная культура. Зеленую массу, которая в почве активно разлагается, наращивает очень быстро, хорошо дренирует почву и оптимизирует ее физические свойства. Наряду с этим растения гороха фиксируют азот из воздуха и накапливают его в вегетативных органах; корни продуцируют фитонциды, губительные для патогенной микрофлоры [8].

Увеличению урожайности томата в открытом грунте, наряду с сидерацией, способствовало локальное внесение обеззараженного компоста.

Использование овса в качестве сидеральной культуры в сочетании с локальным внесением компоста в дозе 150 г под каждое растение обеспечило прибавку урожайности томата на 0,5 т/га, а в дозе 300 г – на 3,7 т/га (рис. 2). Увеличение дозы компоста до 450 г на одно растение при сидерации овсом привело к избыточному нарастанию вегетативной массы растений и снижению урожайности томата на 0,5 т/га.

При использовании в качестве сидеральной культуры редьки масличной локальное внесение компоста, приготовленного термоаммиачным способом, позволило получить урожайность томата в открытом грунте 24,5 т/га при внесении 150 и 300 г/растение (рис. 3). При внесении компоста в количестве 450 г/растение урожайность томата составила 26,6 т/га, что на 3,2 т/га больше, чем при сидерации редькой масличной без компоста.

При сидерации горохом и внесении 150 г/растение обеззараженного компоста урожайность томата в открытом грунте составила 26,5 т/га, что на 6,5 т/га больше, чем при сидерации без компоста (рис. 4). Увеличение доз компоста до 300 и 450 г/растение

РАЗДЕЛ 2. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА,
ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩЕЙ

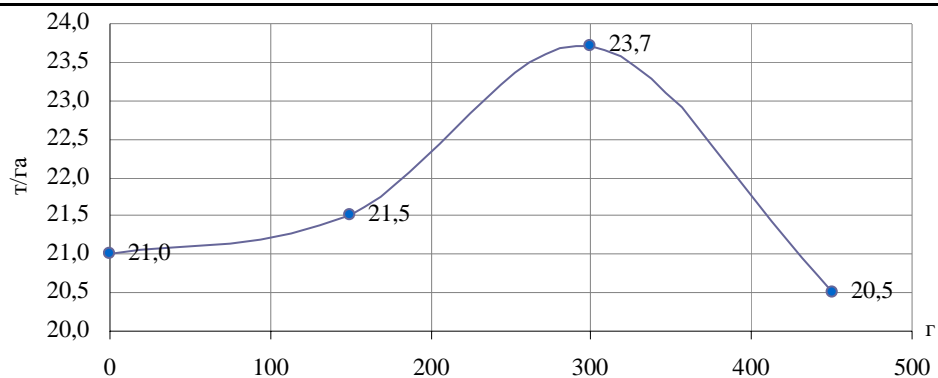


Рисунок 2 – Урожайность томата при локальном внесении компоста и сидерации овсом, т/га

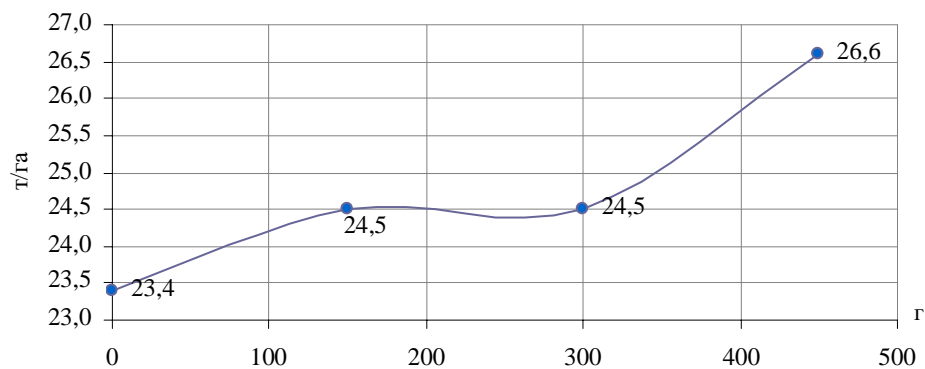


Рисунок 3 – Урожайность томата при локальном внесении компоста и сидерации редькой масличной, т/га

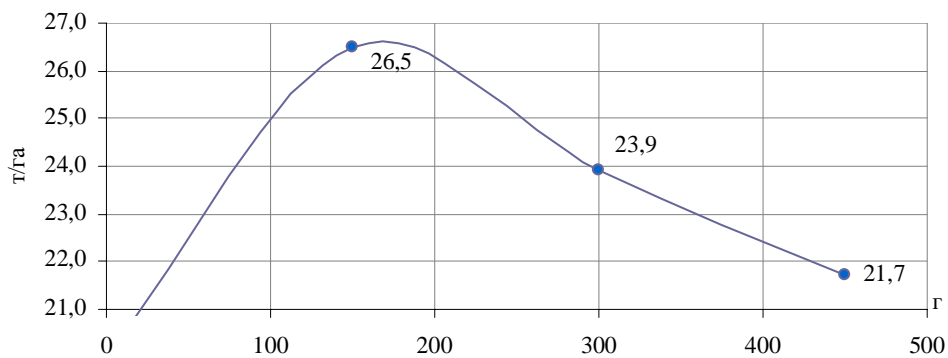


Рисунок 4 – Урожайность томата при локальном внесении компоста и сидерации горохом, т/га

позволило получить урожайность 23,9 и 21,7 т/га, что выше, чем в контроле, на 3,9 и 1,7 т/га соответственно. Поэтому при использовании гороха в качестве сидеральной культуры достаточно вносить локально 150 г/растение обеззараженного компоста, увеличение доз компоста до 300 и 450 г/растение нецелесообразно.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Использование сидеральных культур при выращивании томата в открытом грунте обеспечивает прибавку урожая: при сидерации овсом на 11,3 т/га, редькой масличной – на 13,7, горохом – на 10,3 т/га.

Целесообразно локальное внесение обеззараженного компоста в сочетании с сидерацией. Оптимальные дозы: при сидерации овсом 300 г/растение, редькой масличной – 450, горохом – 150 г/растение.

Список литературы

1. Овощи: какие и сколько? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.sb.by/articles/ovoshchi-kakie-i-skolko.html> 12 МАЯ 2017. – Дата доступа: 20.11.2023.
2. Все о помидоре. Польза, вред, комментарии экспертов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.rbc.ru/life/news/630c89659a794766cdc098c9>. – Дата доступа: 20.11.2023.
3. Роль томатов и продуктов из них в здоровом питании человека / Е. В. Ших [и др.] // Вопросы питания. – 2021. – № 4. – С. 129–137.
4. Tomatoes / ed. by Ер Heuvelink. – 2nd. – Netherlands : Wageningen University & Research, 2018. – 367 p.
5. Способ приготовления компоста многоцелевого назначения : пат. ВУ 18125 / Н. Н. Гринчик, Н. М. Горбачев, В. Л. Драгун, В. А. Жданок, И. П. Козловская, П. Ф. Тиво. – Оpubл. 24.12.2013.
6. Используем овес как сидерат: полезный злак для почвы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ekipagro.com/ovyos-kak-siderat/>. – Дата доступа: 20.11.2023.
7. Довбан, К. И. Зеленое удобрение в современном земледелии / К. И. Довбан. – Минск : Белорус. наука, 2009. – 405 с.
8. Лапа, В. В. Сидераты: зеленые удобрения / В. В. Лапа, В. Н. Босак. – Минск : МСП, 2009. – 128 с.

Поступила в редакцию 23.11. 2023 г.

I. P. KOZLOVSKAYA, YU. V. VINOKUROVA-LABUNSKAYA

ECOLOGICAL METHODS FOR INCREASING TOMATO YIELD IN OPEN GROUND

SUMMARY

Justified the expediency of using green manure alongside with local application of decontaminated compost when growing tomato in open ground. Cultivation of green manure cultures (oat, oil radish, pea) results in yield increase by 10.3–10.7 t/ha. Optimal doses of thermoammonia-decontaminated compost are determined to be: 300 g/plant using oat manure, 450 using oil radish manure, and 150 g/plant using pea manure; yield increases are 3.7; 3.2; 6.5 t/ha respectively.

Key words: tomato; yield; open ground; green manure cultures; decontaminated compost.

УДК 635.262:632.4.01/08

Н. П. Купреенко, кандидат сельскохозяйственных наук,
заведующий отделом холодостойких овощных культур
РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук
Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству»,
аг. Самохваловичи, Минский район

ФУЗАРИОЗ ЧЕСНОКА ОЗИМОГО: РАСПРОСТРАНЕННОСТЬ И ВРЕДНОСНОСТЬ В УСЛОВИЯХ БЕЛАРУСИ

РЕЗЮМЕ

Представлены результаты изучения распространенности, степени развития и вредоносности фузариоза на культуре чеснока озимого в условиях Беларуси. Установлено, что в период полного созревания чеснока озимого возбудитель фузариозной гнили симптоматично проявляется во всех областях. Число растений с симптомами болезни в хозяйствах существенно отличается, что прежде всего зависит от начального наличия инфекции в посадочном материале и климатических условий региона.

*На территории республики в качестве возбудителей болезни выделены и идентифицированы шесть видов рода *Fusarium*, вызывающих гниль чеснока, три из которых встречаются во всех областях республики, один – в четырех, один – в трех и один – в двух областях.*

Ключевые слова: чеснок; болезни; фузариоз; виды; распространенность; вредоносность; урожайность; Беларусь.

ВВЕДЕНИЕ

Ежегодно в нашей стране наблюдается дефицит чеснока собственного производства. Потребность торговых сетей и промпереботки республики в чесноке составляет 1,0–1,5 тыс. т, которая покрывается в основном за счет импорта. В сельскохозяйственных организациях страны в настоящее время выращивается не более 100 т.

Основной причиной, сдерживающей расширение посевных площадей и наращивание объема производства чеснока в общественном секторе сельского хозяйства республики, является низкая урожайность и, следовательно, рентабельность его выращивания. В настоящее время продуктивность данной культуры в стране находится на уровне 4,0–4,5 т/га и ниже.

Среди лимитирующих факторов, снижающих продуктивность и качество продукции чеснока – поражение болезнями. Одной из причин низкой урожайности культуры является сильное поражение растений возбудителями гнилей в полевых условиях [1].

Исследования, проведенные во ВНИИССОК, показали, что в патогенезе чеснока в различных регионах России участвовали возбудители смешанных гнилей. При этом в патогенном комплексе инфицированных растений преобладали грибы рода *Fusarium*. Это объясняется тем, что данные грибы чрезвычайно пластичны. Обладая изменчивостью и высокой адаптивностью, грибы рода *Fusarium* трудноискоренимы, несмотря на применение химических средств борьбы с ними [2].

Поэтому фузариоз относится к наиболее распространенным и вредоносным заболеваниям чеснока. Количество пораженных растений может достигать более 70 %, что

ведет к значительным (до 50 %) потерям урожая, ухудшает качество продукции [3]. Фузариозную гниль редко вызывает один вид рода *Fusarium*, чаще из пораженной ткани выделяют несколько видов этого рода, причем в комплексе со многими другими возбудителями болезней [4].

Степень распространения и патогенность видов существенно зависят от географических и почвенных условий региона [5]. По данным Susan B. Jepson [6], *F. oxysporum*, *F. culmorum* и *F. proliferatum* являются преобладающими в Северной Америке. Отмечено, что данные виды широко распространены во всем мире, включая Индию, Китай, Австралию и Европу.

Российскими учеными выделено и идентифицировано семь видов грибов данного рода. Установлено, что все выделенные виды являются патогенами чеснока. По степени агрессивности они разделены на сильноагрессивные (*F. solani*, *F. oxysporum*), среднеагрессивные (*F. avenaceum*, *F. subglutinans*, *F. proliferatum*) и слабоагрессивные (*F. sambucinum*, *F. semitectum*, *F. equiseti*).

Во всех исследуемых областях (кроме Костромской) зафиксирована высокая частота встречаемости *F. solani* и *F. equiseti*. Вид *F. oxysporum*, известный как самый распространенный и вредоносный, был выделен лишь в Брянской и Костромской областях. А самым редковстречающимся видом был *F. semitectum*, который обнаружили только в Брянской области. Наиболее патогенным и агрессивным оказался *F. solani* [2].

Вредоносность данных патогенов увеличивается в связи с тем, что один и тот же вид способен поражать различные семейства растений. Они являются возбудителями заболеваний более 200 видов культурных растений, вызывая у них широкий спектр патологических изменений. Симптомы заболевания зависят от видовой принадлежности патогена и экологических условий. Наиболее распространены гнили корней, трахеомикозное сосудистое увядание, болезни плодов и семян [7].

Фузариоз чеснока поражает также лук, томаты, огурцы, кукурузу и злаковые культуры. Это снижает эффективность севооборота и значительно сокращает круг оптимальных предшественников под чеснок.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Исследования проводились в рамках подзадания «Изучение и иммунологическая оценка коллекции чеснока (*Allium sativum* L.) на наличие фузариозной гнили и выделение устойчивых клонов для селекции» ГПНИ «Сельскохозяйственные технологии и продовольственная безопасность», подпрограмма «Земледелие и селекция» на 2021–2025 годы в секторе луковых культур РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству».

Объектами исследований являлись посевы чеснока озимого во всех регионах Республики Беларусь, его сорта и клоны, возбудители болезни. Предмет исследований – этиология, распространенность и вредоносность заболевания. Материалом для изучения служили пораженные вегетативные органы растений, растения и луковицы чеснока.

Степень распространения и вредоносности болезней на чесноке в различных агроклиматических зонах определялась путем маршрутных обследований посевов чеснока озимого во всех областях республики. Степень распространения болезни рассчитывали по формуле [8]:

$$P = \frac{n \times 100}{N},$$

где P – распространенность болезни, %;

n – количество пораженных растений, шт.;

N – общее количество учтенных растений, шт.

Интенсивность проявления болезни определяли глазомерно по площади пораженной поверхности листьев растений, используя специально разработанную шкалу в баллах, представленную в классификаторе [9]. Видовой состав возбудителей фузариозной гнили устанавливали методом выделения возбудителей в чистую культуру *in vitro* с последующим уточнением видового состава в Институте микробиологии НАН Беларуси методом ДНК-анализа.

Полевые опыты закладывали согласно «Методическим указаниям по селекции луковых культур» [10]. Исследования проводились на естественном инфекционном фоне. Идентификацию возбудителей болезней осуществляли по определителям Н. М. Пидопличко [11], М. В. Хохрякова и др. [12]. Принадлежность возбудителей к определенным классам и отделам устанавливали согласно систематике грибов и грибоподобных организмов, разработанной Л. В. Гарибовой и С. Н. Лекомцевой [7].

Идентификацию видов *Fusarium spp.* проводили методом микроскопирования после выделения их в чистую культуру, используя определитель Нельсона (P. E. Nelson et al., 1983) [13], в котором изложена обновленная таксонометрия грибов рода *Fusarium*.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводились в рамках выполнения подзадания «Изучение и иммунологическая оценка коллекции чеснока (*Allium sativum* L.) на наличие фузариозной гнили и выделение устойчивых клонов для селекции» задания «Создание нового генофонда селекционного материала картофеля, плодовых и овощных культур с высокой устойчивостью к неблагоприятным факторам внешней среды, обладающего высокими показателями качества получаемой продукции» ГПНИ «Сельскохозяйственные технологии и продовольственная безопасность», подпрограмма «Земледелие и селекция» на 2021–2025 годы.

Цель исследований – изучить степень распространения и вредоносности фузариоза на чесноке в различных агроклиматических зонах республики и идентифицировать видовой состав возбудителя *Fusarium spp.*

В целях контроля и уменьшения вредоносности патогена необходимо проводить фитосанитарный мониторинг распространения вредителя, определять его видовой состав для разработки и применения наиболее эффективных способов борьбы.

Видовой состав микрофлоры непостоянен и подвержен изменениям в основном в связи с естественной миграцией патогенов и хозяйственной деятельностью человека. Различные климатические условия в выделенных агроклиматических зонах республики создают возможность широкого распространения многих заболеваний на культуре чеснока, поэтому мониторинг его пораженности необходимо проводить, охватывая посевные площади во всех зонах овощеводства.

Несмотря на то что инфекция может сохраняться в зубке под чешуями, проявление заболевания в поле в условиях республики начинается в конце мая – начале июня. В 1-й декаде июня 2021 г. нами проводился фитосанитарный мониторинг в целях контроля структуры природных популяций главных возбудителей болезней чеснока, выявления основного видового состава патогенов, изучения поражения растений чеснока озимого фузариозом в период вегетации на территории республики.

Обследование посевов проведено в шести контрольных хозяйствах во всех областях Беларуси. В период наблюдения в хозяйствах южного региона растения чеснока озимого находились в фазе начала стрелкования, в остальных появлений стрелок не обнаружено.

**РАЗДЕЛ 2. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА,
ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩЕЙ**

Распространение болезней на чесноке озимом во время вегетации определяли визуально. Нами ранее установлено, что в условиях республики в патогенезе чеснока участвуют возбудители смешанных гнилей – *Fusarium spp.*, *Alternaria porri*, *Penicillium spp.*, *Botrytis cinerea Pers.*, *Botrytis squamosa*, *Stemfillium alli* и *Puccinia alli*.

Фитомониторинг посевов в период вегетации показал, что до фазы начала стрелкования чеснока озимого на растениях можно обнаружить симптомы фузариоза, а также вирусных заболеваний. Причем оба заболевания отмечены во всех обследованных хозяйствах (табл. 1). Число растений с симптомами болезней в хозяйствах существенно отличалось, что в первую очередь зависело от начального наличия инфекции в посадочном материале и климатических условий региона.

Количество растений с признаками фузариоза составило от 2,0 % в РУП «Институт овощеводства» до 7,0 % в КФХ Дружба и К» и ФХ «Иваново». Симптомов других заболеваний в обследованных хозяйствах не обнаружено, кроме единичных растений с признаками ржавчины (возбудитель *Puccinia alli*) в ФХ «Чкаловское» Столинского района.

В 3-м квартале 2021 г. были проведены маршрутные обследования посадок чеснока озимого перед началом и во время уборки во всех областях Республики Беларусь. Мониторинг, проведенный перед уборкой чеснока, позволил установить распространенность и вредоносность фузариоза на территории республики. Выявлено, что в период полного созревания чеснока озимого возбудитель фузариозной гнили симптоматично проявляется во всех областях нашей страны (табл. 2). Наиболее сильное распространение болезни отмечено в Минской и Могилевской областях, где наблюдалось более 20 % пораженных растений, несколько меньше развитие болезни в период уборки отмечено в Витебской и Гомельской – 15,5 и 16,0 % соответственно и существенно ниже в Брестской (7,5 %) и Гродненской (8,5 %) областях.

Для визуальной оценки, отражающей количественную и качественную степень поражения растений, использовали иммунологическую шкалу, разработанную во ВНИИССОК (табл. 3).

Изучение пораженных луковок показало, что инфицированные луковки на момент уборки отличались по степени поражения возбудителем фузариоза. В большинстве Таблица 1 – Результаты мониторинга пораженности растений чеснока озимого в период вегетации

Хозяйство, регион	Фузариоз	Степень распространения, %	Вирусная мозаика	Степень распространения, %
КФХ «Чубенко», Октябрьский район	+	4,0	+	3,0
ФХ «Гоман И. А.», Добрушский район	+	6,0	+	2,0
ФХ «Чкаловское», Столинский район	+	4,0	+	4,0
КФХ Дружба и К», Смолевичский район	+	7,0	+	3,0
ФХ «Овощной край», Кореличский район	+	3,0	+	2,0
ФХ «Иваново», Могилевский район	+	7,0	+	4,0
РУП «Институт овощеводства», Минский район	+	2,0	+	1,0

**РАЗДЕЛ 2. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА,
ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩЕЙ**

Таблица 2 – Оценка распространенности и вредоносности фузариоза на растениях чеснока озимого в период уборки

Область	Распространенность, %	Пораженность, баллов
Брестская	7,5	1
Витебская	15,5	1
Гомельская	16,0	1–2
Гродненская	8,5	1–2
Минская	21,0	1–3
Могилевская	20,5	1–3

Таблица 3 – Шкала иммунологической характеристики пораженности растений чеснока фузариозом

Тип устойчивости	Шкала поражения, баллов	Симптомы поражения фузариозом	Развитие болезни (R), %
Практически устойчивые	1	Очень слабая мацерация ткани	1–25
Слабовосприимчивые	2	Мацерация ткани составляет не более ¼ поверхности	26–50
Средневосприимчивые	3	Сильная мацерация ткани на ½ и более поверхности	51–75
Сильновосприимчивые	4	Очень сильная мацерация ткани на ¾ и более поверхности	> 75

случаев зубки чеснока были поражены в малой степени. Поверхность лишь отдельных зубков и луковок в образцах из КФХ «Дружба и К» Минской области и ФХ «Иваново» Могилевской области была поражена на 60–90 %. Следует отметить, что такие растения в единичных случаях встречались и в других регионах республики.

Род грибов *Fusarium* насчитывает 705 видов. Российские и украинские исследователи в качестве возбудителей фузариоза чеснока и лука указывают 12 видов этого гриба: *Fusarium oxysporum*, *Fusarium culmorum* (roseum), *Fusarium solani*, *Fusarium moniliforme*, *Fusarium proliferatum*, *Fusarium verticillioides*, *Fusarium acuminatum*, *Fusarium equiseti*, *Fusarium avenaceum*, *Fusarium semitectum*, *Fusarium subglutinans*, *Fusarium sambucinum*.

В процессе обследования посевов нами были отобраны образцы луковок чеснока с признаками фузариоза для изучения видового состава возбудителя болезни, встречающегося на территории республики. Были отобраны образцы из 12 участков, по 2 из каждой области. Идентификацию видов *Fusarium spp.* проводили методом микроскопирования после выделения их в чистую культуру, используя определитель Нельсона (Р. Е. Nelson et al., 1983). На питательной среде проявляются основные морфолого-культуральные признаки каждого возбудителя, которые помогают идентифицировать их видовую принадлежность.

В результате исследований нами были выделены и идентифицированы шесть видов *Fusarium*, вызывающих гниль чеснока: *Fusarium acuminatum* Ellis & Everh., *Fusarium solani* (Mart.) Sacc., *Fusarium redolens* Wollenw., *Fusarium oxysporum* Schltdl., *Fusarium avenaceum* (Fr.) Sacc., *Fusarium proliferatum* (Matsush.) Gerlach & Nirenberg. Из таблицы 4 видно, что из выделенных видов *Fusarium* три (*F. Avenaceum*, *F. redolens*, *F. oxysporum*) встречаются во всех областях республики. Вид гриба *F. acuminatum* обнаружен в Брестской и Гродненской областях, *F. solani* – в Витебской, Гомельской, Минской и Могилевской и *F. proliferatum* – в Витебской, Гомельской и Могилевской областях.

**РАЗДЕЛ 2. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА,
ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩЕЙ**

Таблица 4 – Видовое разнообразие и распространенность грибов рода *Fusarium* на чесноке в различных регионах Республики Беларусь

Вид <i>Fusarium</i>	Распространенность по областям					
	Брестская	Витебская	Гомельская	Гродненская	Минская	Могилевская
<i>F. acuminatum</i>	+			+		
<i>F. avenaceum</i>	+	+	+	+	+	+
<i>F. oxysporum</i>	+	+	+	+	+	+
<i>F. redolens</i>	+	+	+	+	+	+
<i>F. proliferatum</i>		+	+			+
<i>F. solani</i>		+	+		+	+

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенного фитомониторинга посевов чеснока в период вегетации установлено, что до фазы начала стрелкования чеснока озимого на растениях можно обнаружить симптомы фузариоза, а также вирусных заболеваний. Оба заболевания отмечены во всех обследованных хозяйствах. Число растений с симптомами болезней в хозяйствах существенно отличалось, что в первую очередь зависит от начального наличия инфекции в посадочном материале и климатических условий региона.

Оценка распространенности и развития фузариоза в период уборки показала, что в фазу полного созревания чеснока озимого возбудитель фузариозной гнили симптоматично проявляется во всех областях Беларуси. Наиболее сильное распространение болезни отмечено в Минской и Могилевской областях, существенно ниже в Брестской и Гродненской.

Инфицированные луковицы отличаются по степени поражения возбудителем фузариоза. В большинстве случаев зубки чеснока поражены в малой степени. Только у отдельных зубков и луковиц поверхность была поражена на 60–90 %.

Из отобранных в процессе мониторинга образцов чеснока выделены и идентифицированы шесть видов *Fusarium*, вызывающих гниль чеснока: *Fusarium acuminatum* Ellis & Everh., *Fusarium solani* (Mart.) Sacc., *Fusarium redolens* Wollenw., *Fusarium oxysporum* Schltdl., *Fusarium avenaceum* (Fr.) Sacc., *Fusarium proliferatum* (Matsush.) Gerlach & Nirenberg.

Из выделенных видов *Fusarium* три встречаются во всех областях республики, один вид в четырех, один – в трех и один – в двух областях.

Список литературы

1. Матиевская, Н. А. Вредоносность гнилей чеснока озимого / Н. А. Матиевская, Д. А. Брукиш. – Гродно : ГГАУ, 2018. – 12 с.
2. Шестакова, К. С. Селекционно-иммунологическая характеристика устойчивости чеснока озимого (*Allium sativum*) к фузариозной гнили : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : 06.01.05 ; 06.01.06 / К. С. Шестакова ; Всерос. науч.-исслед. ин-т селекции и семеноводства овощных культур. – М., 2009. – 22 с.
3. Фитосанитарная ситуация в посадках чеснока озимого в хозяйствах Республики Беларусь / И. А. Прищепя [и др.] // Защита растений : сб. науч. тр. / Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по земледелию, Ин-т защиты растений. – Минск, 2012. – Вып. 36. – С. 252–265.
4. Билай, В. И. Микробиоты – возбудители болезней растений / В. И. Билай. – Киев : Навукова думка, 1988. – 550 с.

5. Мир растений : в 7 т. / редкол.: А. Л. Тахтаджян [и др.]. – 2-е изд., перераб. – Т. 2. Грибы / под ред. М. В. Горленко. – М. : Просвещение, 1991. – 475 с.
6. Susan, B. Jepsen Fusarium rot of garlic bulbs [Electronic resource] / B. Susan. – Mode of access: https://sites.science.oregonstate.edu/bpp/Plant_Clinic/Garlic/Fusarium.pdf. – Date of access: 17.10.2023.
7. Гарибова, Л. В. Основы микологии: Морфология и систематика грибов и грибоподобных организмов / Л. В. Гарибова, С. Н. Лекомцева – М. : Товарищество научных изданий КМК, 2005. – 220 с.
8. Основные методы фитопатологических исследований / А. Е. Чумаков [и др.] ; ВАСХНИЛ. – М. : Колос, 1974. – 190 с.
9. Широкий унифицированный классификатор СЭВ и международный классификатор СЭВ лука репчатого (*Allium cepa* L.). – Оломоуц, 1980. – 42 с.
10. Методические указания по селекции луковых культур / ВАСХНИЛ, ВНИИ селекции и семеноводства овощных культур / сост. И. И. Ершов, А. А. Воробьева. – М. : ВАСХНИЛ, 1989. – 64.
11. Пидопличко, М. М. Грибы – паразиты культурных растений: Определитель : в 3 т. / М. М. Пидопличко. – Киев : Наукова думка, 1977. – Т. 1. – 295 с.
12. Определитель болезней растений / М. К. Хохряков [и др.]. – Л. : Колос, 1966. – 592 с.
13. Nelson, P. E. Fusarium species: an illustrated manual for identifications / P. E. Nelson, T. A. Toussoun, W. F. O. Marasas // The Pennsylvania State University Press. – 1983. – 193 p.

Поступила в редакцию 28.11.2023 г.

N. P. KUPREENKO

FUSARIUM OF WINTER GARLIC: PREVALENCE AND HARMFULNESS IN BELARUS CONDITIONS

SUMMARY

The results of a study of the prevalence, degree of development and harmfulness of Fusarium on winter garlic crops in the conditions of Belarus are presented. It has been established that during the period of full ripening of winter garlic, the causative agent of Fusarium rot is symptomatically manifested in all regions. The number of plants with symptoms of the disease in farms differs significantly, which primarily depends on the initial presence of infection in the planting material and the climatic conditions of the region.

On the territory of the Republic of Belarus, six species of the genus Fusarium, which cause garlic rot, have been isolated and identified as pathogens of the disease, three of which are found in all regions of the republic, one species in four, one in three and one in two regions.

Key words: garlic; diseases; Fusarium; species; prevalence; harmfulness; yield; Belarus.

УДК 635.21:[631.524.86:632.484]

В. Н. Назаров, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,
старший научный сотрудник

Л. А. Манцевич, научный сотрудник

А. М. Каминский, младший научный сотрудник

РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук

Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству»,

аг. Самохваловичи, Минский район

ОЦЕНКА СЕЛЕКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА КАРТОФЕЛЯ НА УСТОЙЧИВОСТЬ К РИЗОКТОНИОЗУ

РЕЗЮМЕ

*Представлены результаты двухлетних исследований по устойчивости гибридов картофеля к *Rhizoctonia solani* Kuhn. Дана оценка гибридам конкурсного сортоиспытания картофеля по устойчивости ростков и клубней. Выделившиеся гибриды рекомендованы для вовлечения в селекционный процесс и их передачи.*

Ключевые слова: картофель; ризоктониоз; устойчивость; селекция.

ВВЕДЕНИЕ

Ризоктониоз (возбудитель – гриб *Rhizoctonia solani* Kuhn.) является одним из наиболее распространенных и вредоносных заболеваний картофеля, снижающим качество семенного материала и урожайность клубней. Потери урожая картофеля в настоящее время при благоприятных условиях для развития *R. solani* достигают 49 %.

Примерно 70 % разрушительного действия проходит под землей в зоне клубня. В результате сокращается количество всходов и стеблей, снижаются качество семенного материала, товарность и урожайность клубней. По данным белорусских ученых, развитие ризоктониоза ежегодно наблюдается на ростках (30–66 %), столонах (25–70) и корнях (10–25 %) [1]. Выведение и выращивание устойчивых к ризоктониозу сортов картофеля является экологически оправданным способом и одним из наиболее эффективных методов защиты от болезни [2–4].

Созданные на основе диких и культурных видов картофеля, устойчивых к болезни, межвидовые гибриды являются источниками хозяйственно ценных признаков для селекции сортов различного целевого назначения [5–7].

Таким образом, исходя из вышесказанного, целью наших исследований является оценка гибридов на устойчивость к ризоктониозу.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Исследования проводились на опытном поле отдела иммунитета и защиты картофеля РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству». Почва дерново-подзолистая, среднесуглинистая, содержание гумуса составляет 2,8 %, кислотность почвы рН в КС1 – 5,4, обеспеченность макроэлементами: P_2O_5 – 281 мг/кг, K_2O – 223 мг/кг.

Метеорологические показатели, по данным гидрометеостанции РУП «Институт плодоводства» (аг. Самохваловичи, Минский район), за 2021–2022 гг. представлены в таблице 1.

**РАЗДЕЛ 2. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА,
ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩЕЙ**

Таблица 1 – Метеорологические показатели вегетационного периода в годы исследований

Месяц	2021 г.		2022 г.	
	Средняя температура, °С	Осадки, мм	Средняя температура, °С	Осадки, мм
Май	11,6	37,6	10,8	87,0
Июнь	19,2	28,1	18,4	50,2
Июль	22,0	14,1	17,9	91,2
Август	17,0	24,5	20,5	11,8

Одна часть испытуемых гибридов инфицировалась чистой культурой *R. solani*, выращенной на подкисленном картофельно-глюкозном агаре, а другая – высаживалась без инфекции (контроль). При инфицировании на каждый клубень помещалась 1/16 часть колоний гриба, выращенного на картофельно-глюкозном агаре в чашках Петри.

Оценку селекционного материала картофеля на устойчивость к ризоктониозу проводили в полевых условиях на искусственном инфекционном фоне согласно методическим указаниям [7].

Оценку устойчивости гибридов картофеля ризоктониозом по росткам проводили в фазу полных всходов по шкале:

- 9 – симптомы поражения отсутствуют;
- 8 – пятна одиночные, малые, светло-коричневые;
- 7 – пятна более глубокие, но не охватывающие всей окружности ростка и достигающие не более 1/4 длины ростка;
- 5 – язвы глубокие, охватывающие всю окружность ростка и достигающие до 1/2 длины ростка;
- 3 – язвы очень глубокие и длинные, охватывающие всю окружность ростка и достигающие более 3/4 длины ростка;
- 1 – гибель верхней части или всего ростка.

При уборке картофеля учитывали урожайность образцов в контроле и с инфекцией, а также заселенность клубней склероциями. Устойчивость клубней картофеля к ризоктониозу оценивали по шкале:

- 9 – отсутствие склероциев на клубнях;
- 7 – заселено склероциями от 1 до 25 % поверхности клубня;
- 5 – заселено 26–50 % поверхности клубня;
- 3 – заселено 51–75 % поверхности клубня;
- 1 – заселено более 75 % поверхности клубня.

В 2021 г. проводились исследования 46 гибридов конкурсного сортоиспытания в сравнении с 5 сортами-стандартами; в 2022 г. – 45 гибридов конкурсного сортоиспытания в сравнении с 5 сортами-стандартами.

Опыт закладывали в трех повторностях с рендомизированным расположением делянок.

Определение поражения картофеля ризоктониозом по росткам проводили 7 июля в 2021 г. и 21 июля в 2022 г. Для этого с каждой делянки брали по 5 кустов растений и на каждом пораженном стебле подсчитывали количество поражений. Затем определяли средний балл устойчивости для каждого гибрида и с учетом среднего балла определяли устойчивость картофеля к ризоктониозу.

Определение поражения картофеля ризоктониозом по клубням осуществляли в период уборки. По формуле подсчитывали средний балл устойчивости и в дальнейшем

**РАЗДЕЛ 2. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА,
ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩЕЙ**

по результатам среднего балла определяли устойчивость гибридов картофеля к поражению ризоктониозом.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

На основании полученных результатов исследований искусственно зараженных гибридов и стандартов в 2021–2022 гг. можно сделать вывод, что высокой степенью устойчивости к ризоктониозу как по росткам, так и по клубням на протяжении двух лет не обладал ни один гибрид (табл. 2). Больше всего образцов конкурсного испытания картофеля в 2021 и 2022 гг. было отмечено: по росткам – со средней степенью устойчивости 69,6 и 88,9 %; по клубням – основное количество гибридов наблюдалось с относительно высокой степенью устойчивости 97,8 и 95,6 % соответственно. Количество исследуемых гибридов со средней степенью устойчивости к болезни по клубням в 2021 и 2022 гг. было незначительным – всего 2,2 % (1 шт.) и 4,4 % (2 шт.) соответственно. С низкой степенью устойчивости гибридов картофеля к болезни были выявлены только по росткам: в 2021 г. 30,4 % (14 шт.), в 2022 г. 6,7 % (3 шт.). На протяжении двух лет с очень низкой степенью устойчивости гибридов не было обнаружено как по росткам, так и по клубням.

Наивысший средний балл исследуемых гибридов картофеля в 2021–2022 гг. с относительно высокой и средней степенью устойчивости к болезни приведен в таблице 3.

Некоторые гибриды (табл. 3) в исследуемые годы с относительно высокой степенью устойчивости имели средний балл выше, чем стандарты (табл. 4).

Таблица 2 – Результаты оценки устойчивости к ризоктониозу гибридов картофеля конкурсного испытания, 2021–2022 гг.

Степень устойчивости	Ростки				Клубни			
	2021 г.		2022 г.		2021 г.		2022 г.	
	шт.	%	шт.	%	шт.	%	шт.	%
Очень высокая	–	–	–	–	–	–	–	–
Высокая	–	–	–	–	–	–	–	–
Относительно высокая	–	–	2	4,4	45	97,8	43	95,6
Средняя	32	69,6	40	88,9	1	2,2	2	4,4
Низкая	14	30,4	3	6,7	–	–	–	–
Очень низкая	–	–	–	–	–	–	–	–
Всего	46	100	45	100	46	100	45	100

Таблица 3 – Гибриды картофеля с наивысшим средним баллом, 2021–2022 гг.

Устойчивость	Ростки		Клубни	
	2021 г.			
Относительно высокая	–		9074-12 (8,5), 143179-30 (8,4), 3553-2 (8,4), 10016-3 (8,4), 10072-1 (8,4)	
Средняя	10095-3 (6,9), 143179-3 (6,8), 9091-3 (6,7), 123021-15 (6,5)		143176-41 (6,5)	
2022 г.				
Относительно высокая	154023-35 (7,5), 3617-3 (7,0)		10049-80 (8,7), 10080-20 (8,7), 10049-69 (8,6), 10081-10 (8,6)	
Средняя	10095-23 (6,9), 10095-4 (6,7), КС159ху-13-6 (6,5), 10072-1 (6,5)		164068-21 (6,8), 154023-35 (6,8)	

Примечание. В скобках указан средний балл.

**РАЗДЕЛ 2. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА,
ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩЕЙ**

Таблица 4 – Средний балл устойчивости к *R. solani* исследуемых стандартов картофеля

Стандарт (контроль)	Ростки		Клубни	
	2021 г.	2022 г.	2021 г.	2022 г.
Лиляя	5,1	5,7	7,2	5,8
Скарб	4,3	5,1	8,0	8,4
Рагнеда	4,7	4,1	7,9	8,4
Вектар	4,9	4,4	7,2	8,4
Манифест	4,6	5,9	6,8	7,2

В результате проведенных исследований лучшими гибридами со своими сортовыми особенностями, которые обладали относительно высокой степенью устойчивости к болезни, оказались: в 2021 г. – 9074-12, 143179-30, 3553-2, 10016-3, 10072-1; в 2022 г. – 10049-80, 10080-20, 10049-69, 10081-10.

Данные гибриды были рекомендованы для дальнейшей селекционной работы при выведении новых сортов, устойчивых к ризоктониозу.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Высокой степенью устойчивости к ризоктониозу как по росткам, так и по клубням на протяжении двух лет не обладал ни один гибрид.

При оценке устойчивости к болезни гибридов конкурсного испытания 2021–2022 гг. по росткам основное их количество (69,6–88,9 %) было со средней степенью устойчивости, намного меньше (4,4 %) было с относительно высокой степенью. По клубням, напротив, большее количество гибридов было с относительно высокой степенью (97,8–95,6 %) и меньшее со средней степенью устойчивости к болезни (2,2–4,4 %).

Гибриды с относительно высокой степенью устойчивости к ризоктониозу, выделенные в 2021 г. (9074-12, 143179-30, 3553-2, 10016-3, 10072-1) и в 2022 г. (10049-80, 10080-20, 10049-69, 10081-10), рекомендованы для дальнейшей селекционной работы.

Список литературы

1. Эффективное картофелеводство: в теории и на практике / сост. В. В. Исаенко. – 2-е изд. – Минск : Наша Идея, 2018. – 182 с.
2. Иванюк, В. Г. Защита картофеля от болезней, вредителей и сорняков / В. Г. Иванюк, С. А. Банадысев, Г. К. Журомский. – Минск, 2003. – 525 с.
3. Фитопатологическая ситуация на картофеле в Беларуси и пути ее улучшения / В. Г. Иванюк [и др.] // Картофельводство : сб. науч. тр. / Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству ; редкол. : С. А. Турко (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2000. – Т. 10. – С. 163–170.
4. Иванюк, В. Г. Защита картофеля от болезней, вредителей и сорняков / В. Г. Иванюк, С. А. Банадысев, Г. К. Журомский. – Минск : Белпринт, 2005. – 695 с.
5. Козлов, В. А. Выделение источников устойчивости к болезням и других хозяйственно ценных признаков среди межвидовых гибридов картофеля / В. А. Козлов, И. А. Шутинская, В. С. Абакшенок // Картофельводство : сб. науч. тр. / Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству ; редкол. : С. А. Турко (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2011. – Т. 19. – С. 108–115.
6. Жукова, М. И. Актуальные проблемы фитосанитарного состояния агроценозов картофеля / М. И. Жукова // Науч. тр. Белорус. НИИ защиты растений. – Минск, 2001. – Вып. XXV. – С. 153–156.

7. Методические указания по оценке селекционного материала картофеля на устойчивость к фитофторозу, ризоктониозу, бактериальным болезням и механическим повреждениям / ВАСХНИЛ, Отд-ние растениеводства и селекции, НИИ картоф. хоз-ва. – М. : ВАСХНИЛ, 1980. – 52 с.

Поступила в редакцию 27.11.2023 г.

V. N. NAZAROV, L. A. MANTSEVICH, A. M. KAMINSKIY

**ASSESSMENT OF POTATO BREEDING MATERIAL
FOR RESISTANCE TO *RHIZOCTONIA SOLANI* KUHN.**

SUMMARY

The results of two years of research on the resistance of potato hybrids to Rhizoctonia solani Kuhn. are presented. The hybrids of the competitive potato variety testing were assessed for the resistance of sprouts and tubers. The isolated hybrids are recommended for the breeding process and their transfer.

Key words: potato; Rhizoctonia solani Kuhn.; resistance; breeding.

УДК 577.355.635.5

Т. В. Никонович¹, кандидат биологических наук, доцент,
доцент кафедры сельскохозяйственной биотехнологии,
экологии и радиологии

Ю. В. Трофимов², кандидат технических наук, директор

¹ УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Могилевская область

² РНПУП «Центр светодиодных и оптоэлектронных технологий
НАН Беларуси», г. Минск

ВЛИЯНИЕ ОСВЕЩЕНИЯ РАЗНОГО СПЕКТРАЛЬНОГО СОСТАВА НА СОДЕРЖАНИЕ ФОТОСИНТЕЗИРУЮЩИХ ПИГМЕНТОВ В АССИМИЛИРУЮЩИХ ОРГАНАХ ЛИСТОВОГО САЛАТА (*LACTUCA SATIVA* L.)

РЕЗЮМЕ

Исследовано влияние освещения разного спектрального состава на состояние пигментного фонда пластид ассимилирующих органов листового салата сорта Афицион. Установлено ингибирующее действие светодиодов на биосинтез хлорофиллов и каротиноидов в листовой ткани растений. Выявлена более выраженная деградация светособирающих зеленых пигментов, чем желтых. Определены варианты освещения с наименьшим негативным влиянием на формирование пигментного фонда пластид листьев салата. Это светильники с потоком фотонов в диапазоне длин волн 400–800 нм 66,5 и 69,1 мкмоль/с и спектральным соотношением R / B (красный / синий) – 5,6 и 4,0 соответственно.

Ключевые слова: листовой салат; спектральный состав света; светодиодное освещение; хлорофиллы; каротиноиды.

ВВЕДЕНИЕ

Зеленные овощные культуры являются источниками широкого спектра биологически активных веществ, без которых не может нормально развиваться организм человека. Листовые салаты занимают первое место по сравнению с другими тепличными овощами по содержанию витаминов, ферментов, макро- и микроэлементов, эфирных масел, антиоксидантов, углеводов и т. д. [1]. Регулярное употребление салата в пищу способствует биологическому обмену веществ, повышает уровень гемоглобина в крови, нормализует водный обмен в организме и снижает отложение солей.

В настоящее время выращивание зеленых культур осуществляется в контролируемых условиях, где возможно регулировать физические факторы с учетом биологических особенностей растений. В условиях светокультуры рост и развитие в значительной степени зависят от спектрального состава искусственных источников освещения, которые не имеют оптимальных соотношений спектральных диапазонов [2]. В последнее время существенно расширился спектр применяемых искусственных источников освещения. Большой интерес проявляется к светодиодным светильникам. Светодиоды определяют направленный свет, из чего следует, что освещенность от светодиодной лампы будет значительно выше. Специальные фитосветодиоды могут светить

в достаточно узком диапазоне спектра. Комбинация светодиодов различных цветов в одном светильнике с возможностью независимого управления позволяет сформировать фактически любой спектр для конкретной культуры и фазы ее развития. Эффективность светодиодных светильников обусловлена их монохроматичным излучением. Фитоактивная часть спектра подбирается непосредственно под культивируемое растение, что исключает риск ожогов и обезвоживания. Точность преобразования электрической энергии в фотоны определенных длин волн при желаемой плотности потока с незначительными потерями тепла делает светодиоды более энергоэффективными, чем все другие доступные источники искусственного освещения. Это особенно ценно при выращивании растений в условиях полного отсутствия естественного света – в фитотронах и других замкнутых системах жизнеобеспечения, а также досвечивая растения, увеличивая тем самым продолжительность светового периода [3].

Различными спектрами освещения возможно регулировать урожайность, химический состав, питательную ценность, качество продукции [4–6]. При помощи изменения спектрального состава излучения осуществляется контроль потребления и аккумуляции минеральных веществ растением. Например, при производстве микрозелени с использованием светодиодного освещения установлены спектры, улучшающие качество продукции овощных культур [7]. Установлено, что реакция растений на различные световые спектры видо- и сортоспецифична, что свидетельствует о значимости определения характеристик света экспериментальным путем для конкретного растительного объекта [8].

Целью исследований являлось выявление особенностей накопления фотосинтезирующих пигментов в ассимилирующих органах листового салата, полученного при освещении светом разного спектрального состава.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Научная работа выполнялась в условиях биотехнологической лаборатории кафедры сельскохозяйственной биотехнологии, экологии и радиологии УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия» и в ОАО «Тепличный комбинат “Берестье”». Растения листового салата сорта Афицион выращивались в стаканчиках 10×10 см, заполненных ионообменным субстратом Триона. Температура культивирования составляла 22 ± 2 °С, фотопериод 16 ч. В биотехнологической лаборатории УО БГСХА использовался модельный ряд светодиодных светильников серии «Светодар» (варианты 12–21). В ОАО «Тепличный комбинат “Берестье”» растения салата выращивались при сочетании естественного освещения с досвечиванием лампами ДНаТ (вариант 23), а также при сочетании естественного освещения с досвечиванием светодиодными светильниками ДНБ01-4х9-001-03 У4.1, которые в биотехнологической лаборатории значатся как 17 вариант (вариант опыта 24). В качестве контроля был принят вариант 22 с использованием люминесцентных ламп марки OSRAM L 36W/765 Cool Day light в условиях биотехнологической лаборатории. Характеристика вариантов светодиодного освещения представлена в таблице 1.

В свежих усредненных пробах листьев опытных растений повариантно определяли содержание: фотосинтезирующих пигментов – хлорофиллов *a* и *b* – по методу Т. Н. Годнева [9, 10], β -каротина и суммы каротиноидов – по ГОСТ 8756.22-80 [11].

Все измерения и определения осуществляли в 2-кратной биологической и 3-кратной аналитической повторности с последующей статистической обработкой экспериментальных данных по методике, принятой для биологических исследований [12], с использованием программы Microsoft Office Excel 2007 [13]. Для выявления наиболее

**РАЗДЕЛ 2. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА,
ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩЕЙ**

Таблица 1 – Характеристика вариантов светодиодного освещения

Вариант освещения	Обозначение светильника	Поток фотонов в диапазоне длин волн 400–800 нм, мкмоль/с	Спектральное соотношение R / B (красный / синий)
12	ДНБ01-4×9-001-04 У4.1	73,0	5,5
13	ДНБ01-4×9-001-10 У4.1	66,5	5,6
14	ДНБ01-4×9-001-01 У4.1	70,1	1,3
15	ДНБ01-4×9-001-06 У4.1	66,9	7,8
16	ДНБ01-4×9-001-05 У4.1	69,3	6,9
17	ДНБ01-4×9-001-03 У4.1	69,1	4,0
18	ДНБ01-4×9-001-02 У4.1	73,3	3,0
19	ДНБ01-4×9-001-09 У4.1	73,9	0,8
20	ДНБ01-4×9-001-07 У4.1	69,3	13,2
21	ДНБ01-4×9-001-08 У4.1	67,9	20,7

эффективных вариантов освещения использовался способ ранжирования объектов по совокупности признаков [14].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В результате исследования влияния световой регуляции продукционного процесса листового салата сорта Афицион в условиях биотехнологической лаборатории УО БГСХА при использовании ряда источников светодиодного освещения и в ОАО «Тепличный комбинат “Берестье”» при сочетании естественного освещения с досвечиванием лампами ДНаТ, а также при сочетании естественного освещения с досвечиванием светодиодными светильниками «Светодар» (ДНБ01-4×9-001-03 У4.1) установлена выраженная зависимость состояния пигментного фонда пластид ассимилирующих органов опытных растений от условий освещения. С целью установления влияния последних на основные характеристики пигментного фонда листьев салата было осуществлено определение содержания в них основных форм хлорофиллов и каротиноидов. Как следует из данных, представленных в таблице 2, содержание и тех, и других варьировало в рамках эксперимента в широких диапазонах значений, что свидетельствовало о существенном влиянии условий освещения на параметры их накопления. Установлено изменение суммарного содержания зеленых пластидных пигментов в сухой массе листовой ткани опытных растений от 223,7 до 573,5 мг/100 г, в том числе хлорофилла *a* – в диапазоне 148,1–422,8 мг/100 г, хлорофилла *b* – 72,4–164,2 мг/100 г. Аналогичный интервал варьирования общего содержания желтых пигментов охватывал область значений от 60,3 до 136,0 мг/100 г, в том числе β -каротина – от 10,2 до 47,1 мг/100 г, ксантофиллов – от 37,9 до 107,8 мг/100 г. При этом для производных характеристик пигментного фонда пластид – соотношений количеств хлорофиллов *a* и *b*, β -каротина и ксантофиллов, хлорофиллов и каротиноидов также были установлены широкие диапазоны изменений по вариантам опыта в пределах 1,7–3,0; 0,21–0,88 и 2,8–5,4 соответственно, что указывало на заметные различия в составе комплекса фотосинтезирующих пигментов в зависимости от спектрального состава световых излучателей.

Сравнение исследуемых показателей в контроле (вариант 22) и на фоне испытываемых источников светодиодного и ДНаТ освещения выявило заметные межвариантные различия в пигментном комплексе ассимилирующих органов опытных растений. Как следует из данных таблицы 3, во всех вариантах опыта с использованием светодиодов

РАЗДЕЛ 2. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА,
ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩЕЙ

Таблица 2 – Содержание фотосинтезирующих пигментов (мг на 100 г сухой массы) в ассимилирующих органах листового салата в вариантах опыта в зависимости от условий освещения

Вариант опыта	Хлорофиллы				Каротиноиды				Хлорофиллы / каротиноиды
	a	b	$a + b$	a / b	Сумма	β -каротин	Ксантофиллы	β -каротин / ксантофиллы	
	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$
Контроль	$422,8 \pm 6,4^*$	$150,7 \pm 2,9^*$	$573,5 \pm 9,3^*$	$2,8 \pm 0,1^*$	$136,0 \pm 2,5^*$	$28,2 \pm 0,9$	$107,8 \pm 2,9^*$	$0,25 \pm 0,01^*$	$4,2 \pm 0,1$
12	$151,3 \pm 7,6^*$	$72,4 \pm 3,8^*$	$223,7 \pm 11,4^*$	$2,1 \pm 0,1^*$	$67,4 \pm 1,9^*$	$29,5 \pm 1,0$	$37,9 \pm 2,4^*$	$0,82 \pm 0,06^*$	$3,3 \pm 0,1^*$
13	$279,0 \pm 1,5^*$	$132,2 \pm 0,6^*$	$411,3 \pm 2,2^*$	$2,1 \pm 0,1^*$	$101,2 \pm 3,1^*$	$47,1 \pm 0,2^*$	$54,1 \pm 2,9^*$	$0,88 \pm 0,05^*$	$4,1 \pm 0,1$
14	$228,4 \pm 3,9^*$	$86,0 \pm 3,9^*$	$314,4 \pm 0,6^*$	$2,7 \pm 0,2^*$	$77,1 \pm 1,6^*$	$18,5 \pm 0,2^*$	$58,6 \pm 1,4^*$	$0,32 \pm 0,01^*$	$4,1 \pm 0,1$
15	$276,6 \pm 3,0^*$	$117,0 \pm 3,6^*$	$393,5 \pm 6,6^*$	$2,4 \pm 0,3^*$	$106,4 \pm 0,4^*$	$39,8 \pm 0,6^*$	$66,6 \pm 1,0^*$	$0,60 \pm 0,01^*$	$3,7 \pm 0,1^*$
16	$202,0 \pm 3,6^*$	$88,6 \pm 3,7^*$	$290,6 \pm 7,4^*$	$2,3 \pm 0,1^*$	$66,9 \pm 0,5^*$	$27,2 \pm 0,8$	$39,7 \pm 1,4^*$	$0,70 \pm 0,04^*$	$4,3 \pm 0,1$
17	$271,7 \pm 4,6^*$	$164,2 \pm 2,0^*$	$435,8 \pm 6,6^*$	$1,7 \pm 0,3^*$	$100,6 \pm 0,8^*$	$33,5 \pm 0,7^*$	$67,1 \pm 1,5^*$	$0,49 \pm 0,02^*$	$4,3 \pm 0,1$
18	$189,6 \pm 1,4^*$	$80,0 \pm 0,5^*$	$269,7 \pm 1,9^*$	$2,4 \pm 0,1^*$	$60,3 \pm 0,5^*$	$10,2 \pm 0,5^*$	$50,1 \pm 1,1^*$	$0,21 \pm 0,01^*$	$4,5 \pm 0,1^*$
19	$277,0 \pm 4,1^*$	$111,2 \pm 3,1^*$	$388,2 \pm 7,2^*$	$2,5 \pm 0,1^*$	$101,2 \pm 2,7^*$	$34,4 \pm 0,2^*$	$66,8 \pm 2,9^*$	$0,52 \pm 0,02^*$	$3,8 \pm 0,2^*$
20	$284,5 \pm 7,5^*$	$137,9 \pm 2,1^*$	$422,4 \pm 5,4^*$	$2,1 \pm 0,1^*$	$77,6 \pm 2,1^*$	$24,7 \pm 0,7^*$	$52,9 \pm 2,8^*$	$0,46 \pm 0,03^*$	$5,4 \pm 0,1^*$
21	$213,0 \pm 5,1^*$	$81,0 \pm 1,2^*$	$294,0 \pm 6,3^*$	$2,6 \pm 0,1^*$	$79,2 \pm 1,0^*$	$21,4 \pm 0,4^*$	$57,8 \pm 0,7^*$	$0,37 \pm 0,01^*$	$3,7 \pm 0,1^*$
23	$236,6 \pm 1,6^*$	$80,2 \pm 1,8^*$	$316,8 \pm 0,2^*$	$3,0 \pm 0,1$	$86,9 \pm 0,5^*$	$19,6 \pm 0,5^*$	$67,3 \pm 0,1^*$	$0,29 \pm 0,01^*$	$3,6 \pm 0,1^*$
24	$148,1 \pm 2,2^*$	$89,2 \pm 1,0^*$	$237,3 \pm 3,3^*$	$1,7 \pm 0,1^*$	$86,2 \pm 0,6^*$	$20,0 \pm 0,7^*$	$66,2 \pm 0,1^*$	$0,31 \pm 0,01^*$	$2,8 \pm 0,1^*$

* Статистически значимые по t -критерию Стьюдента различия с контролем при $p < 0,05$.

**РАЗДЕЛ 2. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА,
ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩЕЙ**

Таблица 3 – Относительные различия с контролем вариантов опыта с использованием светодиодного освещения разного спектрального состава по содержанию фотосинтезирующих пигментов в ассимилирующих органах листового салата, %

Вариант опыта	Хлорофиллы				Каротиноиды				Хлорофиллы / каротиноиды	Совокупный отрицательный эффект*
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>a + b</i>	<i>a / b</i>	Сумма	β -каротин	Ксантофиллы	β -каротин / ксантофиллы		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
12	-64,2	-52,0	-61,0	-25,0	-50,4	–	-64,8	+228,0	-21,4	-292,4
13	-34,0	-12,3	-28,3	-25,0	-25,6	+67,0	-49,8	+252,0	–	-83,0
14	-46,0	-42,9	-45,2	–	-43,3	-34,4	-45,6	+28,0	–	-257,4
15	-34,6	-22,4	-31,4	-14,3	-21,8	+41,1	-38,2	+140,0	-11,9	-107,3
16	-52,2	-41,2	-49,3	-17,9	-50,8	–	-63,2	+180,0	–	-256,7
17	-35,7	+9,0	-24,0	-39,3	-26,0	+18,8	-37,8	+96,0	–	-95,7
18	-55,2	-46,9	-53,0	-14,3	-55,7	-63,8	-53,5	-16,0	+7,1	-328,1
19	-34,5	-26,2	-32,3	-10,7	-25,6	+22,0	-38,0	+108,0	-9,5	-134,6
20	-32,7	-8,5	-26,3	-25,0	-42,9	-12,4	-50,9	+84,0	+28,6	-173,7
21	-49,6	-46,3	-48,7	-7,1	-41,8	-24,1	-46,4	+48,0	-11,9	-256,9
23	-44,0	-46,8	-44,8	–	-36,1	-30,5	-37,6	+16,0	-14,3	-239,8
24	-65,0	-40,8	-58,6	-39,3	-36,6	-29,1	-38,6	+24,0	-33,3	-268,7

Примечание. Прочерк (–) означает отсутствие статистически значимых по *t*-критерию Стьюдента различий с контролем при $p < 0,05$.

* Совокупный эффект установлен путем сложения столбцов 2, 3, 4, 6, 7 и 8 с учетом их знака.

и ДНАТ наблюдалось обеднение листовой ткани и зелеными, и желтыми пластидными пигментами по сравнению с контролем соответственно на 24–61 и 22–56 %. Наиболее выраженное ингибирование биосинтеза и хлорофиллов, и каротиноидов отмечено в 12, 16 и 18 вариантах опыта, тогда как наименьшее – в 13, 15, 19, а также в наиболее близком к результатам контрольного 17 варианте. В 20 варианте опыта обеднение листовой ткани салата хлорофиллами, не превышавшее 26 % относительно контроля, сочеталось с существенным снижением содержания в ней каротиноидов (до 43 %), тогда как для 24 варианта, напротив, было показано значительное ее обеднение зелеными пигментами (почти на 60 %) на фоне менее выраженного (в пределах 37 %) обеднения желтыми пигментами.

При этом следует обратить внимание на характер различий большинства опытных вариантов с контролем в темпах накопления хлорофиллов *a* и *b* в ассимилирующих органах салата, заключающийся в более выраженном ингибировании биосинтеза хлорофилла *a*, нежели хлорофилла *b*, что, на наш взгляд, обусловлено большей устойчивостью последнего к стрессовым воздействиям. Это подтверждалось достоверным отставанием от контроля соотношения их количеств, составлявшим 7–39 %. Лишь в 14 и 23 вариантах опыта подобных различий выявлено не было, что указывало на пропорциональное снижение темпов биосинтеза обеих форм хлорофиллов. Наиболее же выраженным в эксперименте, причем сопоставимым между собой, ослаблением темпов накопления хлорофилла *a* по сравнению с хлорофиллом *b* характеризовались 17 и 24 варианты опыта.

Известно, что в фотосинтетическом аппарате хлоропластов каротиноиды играют роль фотопротекторов, диссипируя излишнюю энергию в тепло и инактивируя АФК, будучи связанными как с белками фотосистем, так и находясь в тилакоидных мембранах [15]. В ассимилирующих органах салата под действием светодиодов ослабление

биосинтеза ксантофиллов протекало более интенсивно по сравнению с β -каротином, что подтверждалось увеличением по сравнению с контролем соотношения их количеств на 16–252 %, и лишь в 18 варианте опыта отмечено небольшое его снижение на 16 %. Вместе с тем значительная ширина диапазона варьирования данного показателя свидетельствовала о выраженной его зависимости от спектрального состава света. Наибольшие его значения в пределах 96–252 % были установлены в следующих шести вариантах опыта – 12, 13, 15, 16, 17 и 19, в которых на фоне существенного обеднения листовой ткани ксантофиллами (на 38–65 %) имело место либо значительное увеличение в ней содержания β -каротина на 19–67 %, либо отсутствие его изменений относительно контроля.

Показанная выше в пигментном комплексе пластид ассимилирующих органов салата более выраженная деградация светособирающих зеленых пигментов, нежели желтых, выполняющих защитные функции, обусловила достоверное снижение соотношения содержания хлорофиллов и каротиноидов на 10–33 % по сравнению с контролем в ряде вариантов опыта, наиболее значительное в 12 и особенно в 24. Вместе с тем ослабление темпов биосинтеза и хлорофиллов, и каротиноидов в 13, 14, 16 и 17 вариантах опыта протекало со сходной интенсивностью, на что указывало отсутствие достоверных различий с контролем в соотношении их количеств. Лишь в единичных случаях – в 18 и особенно в 20 вариантах наблюдалось на 7 и 29 % более значительное, чем в контроле, снижение содержания в листьях желтых пластидных пигментов, нежели зеленых.

Представленные результаты свидетельствуют, что применение светодиодов разного спектрального состава в эксперименте с листовым салатом оказало выраженное ингибирующее действие на биосинтез в листовой ткани и хлорофиллов, и каротиноидов при снижении их количеств по сравнению с контролем соответственно на 24–61 и 22–56 %. Вместе с тем значительная ширина приведенных диапазонов варьирования данных показателей в рамках эксперимента свидетельствовала о разной степени негативного влияния данного фактора на фотосинтетический аппарат листьев салата. С целью выявления варианта опыта с максимальной и минимальной степенью данного влияния в каждом из них были определены суммарные показатели относительных размеров отрицательных и в некоторых случаях положительных отклонений от контроля содержания основных форм хлорофиллов и каротиноидов, а также их общих количеств, что позволило установить совокупный эффект от применения каждого источника освещения.

Как следует из данных таблицы 3, наименее выраженное ингибирующее действие светодиодного освещения на биосинтез фотосинтезирующих пигментов в ассимилирующих органах листового салата (совокупный эффект менее 100 %) установлено в 13 и 17 вариантах опыта, тогда как наибольшее, превосходящее его в 3–4 раза, – в 12 и 18 вариантах. При этом в ряду снижения негативного влияния искусственного, в том числе и светодиодного освещения на фотосинтетический аппарат опытных растений варианты опыта располагались следующим образом:

$$18 > 12 > 24 > 14 = 16 = 21 > 23 > 20 > 19 > 15 > 17 > 13.$$

Исследование биохимического состава листьев салата на фоне разных условий освещения показало существенную зависимость его количественных характеристик от спектрального состава светодиодов, что подтверждалось широкими диапазонами их варьирования по вариантам опыта.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате исследования влияния освещения разного спектрального состава на состояние пигментного фонда пластид ассимилирующих органов листового салата

сорта Афицион в эксперименте с 13-вариантной схемой (22 – контроль; варианты с применением светодиодов 12–21, 24; 23 – вариант с применением ДНаТ) установлено, что применение светодиодов оказало ингибирующее действие на биосинтез хлорофиллов и каротиноидов в листовой ткани растений при снижении их содержания по сравнению с контролем соответственно на 24–61 и 22–56 % при более выраженной деградации светособирающих зеленых пигментов, нежели желтых, на фоне более значительного ингибирования биосинтеза хлорофилла *a*, нежели хлорофилла *b*, и интенсивного ослабления биосинтеза ксантофиллов, нежели β -каротина.

Наименьшее негативное влияние светодиодного освещения на формирование пигментного фонда пластид листьев салата установлено при 13 и 17 вариантах опыта, тогда как наибольшее, превосходящее его в 3–4 раза, – при 12 и 18 вариантах.

Список литературы

1. Методы экологических исследований / С. И. Панин [и др.]. – Белгород : БелГАУ им. В. Я. Горина, 2015. – 218 с.
2. Commercial orchids / De Lakshman [et al.]. – Walter de Gruyter GmbH, India, 2015. – P. 1–301.
3. LED crop illumination inside space greenhouses / Y. A. Berkovich [et al.] // Reach. – 2017. – V. 6. – P. 11–24.
4. Pinho, P. Agricultural and horticultural lighting / P. Pinho, L. Halonen // Handbook of advanced lighting technology. – Switzerland : Springer International Publishing, 2014. – P. 703–720.
5. Current status and recent achievements in the field of horticulture with the use of light-emitting diodes (LEDs) / F. Bantisa [et al.] // Scientia Horticulturae. – 2018. – № 235. – P. 437–451.
6. Никонович, Т. В. Влияние светодиодного освещения разного спектрального состава на биохимические характеристики растений томата. / Т. В. Никонович, Ю. В. Трофимов // Вестн. аграр. науки Узбекистана. – 2022. – № 3 (3). – С. 142–145.
7. Оптимизация спектрального состава светодиодного освещения при производстве микрозелени овощных культур с целью повышения качества продукции : метод. рекомендации / А. М. Пашкевич [и др.] // Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству, Центральный ботанический сад НАН Беларуси. – Минск : Право и экономика, 2023. – 30 с.
8. Оценка качества растений томата при последствии светодиодного освещения разного спектрального состава / Т. В. Никонович [и др.] // Селекция и генетика: инновации и перспективы : сб. ст. по материалам II Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 70-летию юбилею доктора с.-х. наук, проф. В. И. Бушуевой. – Горки : БГСХА, 2022. – С. 378–382.
9. Годнев, Т. Н. Хлорофилл: его строение и образование в растении / Т. Н. Годнев. – Минск : Изд-во Акад. наук БССР, 1963. – 318 с.
10. Фотосинтез. Методические рекомендации к лабораторным занятиям, задания для самостоятельной работы и контроля знаний студентов / авт.-сост. Л. В. Кахнович. – Минск : Изд-во Белорус. гос. ун-та, 2003. – 88 с.
11. Продукты переработки плодов и овощей. Метод определения каротина : ГОСТ 8756.22-80. – Введ. 01.01.81. Дата последнего изменения 13.07.2017 – М. : Изд-во стандартов, 2010. – 6 с.
12. Теория вероятностей и математическая статистика. Математические модели : учеб. пособие для студ. вузов / В. Д. Мятлев [и др.]. – М., 2009. – 320 с.

13. Боровиков, В. П. STATISTICA: Искусство анализа данных на компьютере / В. П. Боровиков. – СПб., 2001. – 656 с.

14. Способ ранжирования таксонов растения : пат. ВУ 17648 / Ж. А. Рупасова, В. Н. Решетников, А. П. Яковлев. – Опубл. 30.10.13.

15. Carotenoids, Versatile Components of Oxygenic Photosynthesis / I. Domonkos [et al.] // Progress in Lipid Research. – 2013. – Vol. 52 (4). – P. 539–561.

Поступила в редакцию 27.11.2023 г.

T. V. NIKONOVICH, YU.V. TROFIMOV

**THE INFLUENCE OF LIGHTING OF DIFFERENT SPECTRAL
COMPOSITION ON THE CONTENT OF PHOTOSYNTIC
PIGMENTS IN ASSIMILATING ORGANS OF LEAF LETTUCE
(*LACTUCA SATIVA* L.)**

SUMMARY

The influence of lighting of different spectral composition on the state of the pigment fund of plastids in the assimilating organs of the leaf lettuce variety Aficion was studied. The inhibitory effect of LEDs on the biosynthesis of chlorophylls and carotenoids in plant leaf tissue has been established. A more pronounced degradation of green light-harvesting pigments was revealed than of yellow ones. Lighting options with the least negative impact on the formation of the pigment fund of lettuce leaf plastids have been determined. These are lamps with a photon flux in the wavelength range 400–800 nm of 66.5 and 69.1 $\mu\text{M/s}$ and a spectral ratio R/B (red/blue) of 5.6 and 4.0, respectively.

Key words: leaf lettuce; spectral composition of light; LED lighting; chlorophylls; carotenoids.

УДК 632.482.112:635.63:631.544

Н. Л. Почтовая, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,
заведующий кафедрой плодоовощеводства

Т. Н. Камедько, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,
доцент кафедры плодоовощеводства

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Могилевская область

ЭФФЕКТИВНОСТЬ БИОЛОГИЧЕСКОГО ФУНГИЦИДА ОРГАМИКА С ПРОТИВ МУЧНИСТОЙ РОСЫ НА РАСТЕНИЯХ ОГУРЦА В ЗАЩИЩЕННОМ ГРУНТЕ

РЕЗЮМЕ

Представлены результаты исследований по оценке эффективности биологического фунгицида Оргамика С против мучнистой росы при выращивании огурца в защищенном грунте. Установлена высокая биологическая эффективность применения данного препарата (59,3–69,0 % в 1-й ротации и 62,8–63,4 % – во 2-й). Применение фунгицида Оргамика С способствовало повышению урожайности огурца от 25,4 до 31,8 %.

Ключевые слова: огурец; защищенный грунт; мучнистая роса огурца; биологические препараты; качество; урожайность.

ВВЕДЕНИЕ

Основная доля в сегментации рынка тепличных культур Беларуси отводится производству томата и огурца, на которые приходится до 90 % площадей. Широкое распространение огурец получил из-за высокой скороспелости, теневыносливости, урожайности и возможности получать свежие плоды почти круглый год при выращивании в защищенном грунте [1]. Ценность огурца объясняется вкусовыми качествами и целебными свойствами. Содержащиеся в нем ферменты и минеральные соли положительно влияют на пищеварение, а соли калия – на сердечно-сосудистую систему. Плоды огурца содержат от 1,5 до 3,7 % сахаров, 0,5 % клетчатки, 10–15 мг витамина С, минеральные соли щелочного характера, микроэлементы. По энергетической ценности плоды огурца, состоящие на 95,0–96,8 % из воды, занимают среди овощей предпоследнее место (670 Дж/кг), превосходя лишь салат [2].

В посадках растений огурца, выращиваемого в условиях защищенного грунта, ежегодно отмечают пораженность культуры фитопатогенными микроорганизмами, отрицательно влияющими на урожайность и товарный вид плодов. Борьба с мучнистой росой на огурце имеет особое значение ввиду значительного ущерба, который может быть нанесен урожаю. Возбудители заболевания – мучнисторосяные грибы, относящиеся к облигатным паразитам. Потери урожая огурца могут достигать до 40 %. Встречается три вида грибов-возбудителей: *Erysiphe cichoracearum*, более распространенный в северных районах возделывания, *Podosphaera fuliginea* – в южных, *Levellula taurici* – в среднеазиатских и других странах СНГ. Большую роль играет температура воздуха в теплицах. Для *Erysiphe cichoracearum* оптимальный показатель составляет 16–20 °С, при более высоких значениях развитие болезни замедляется, а при температуре выше 30 °С – прекращается. Прорастание конидий и сумкоспор гриба *Podosphaera*

fuliginea наиболее интенсивно происходит при температуре 25–27 °С. Кроме того, инфицированию способствует использование для полива огурцов холодной водой, особенно в жаркую и сухую погоду, когда тургор у растений снижается, и возбудитель может проникнуть через покровную ткань [3].

В последние годы вопросы защиты сельскохозяйственных растений в системе возделывания культур выдвигаются на передний план и являются особенно актуальными, так как уровень развития патогенной микрофлоры в почве и на семенном материале достиг критического значения. Широкое использование в практике сельского хозяйства химических способов защиты растений приводит к загрязнению окружающей среды и снижению качества продукции растениеводства, поэтому одним из перспективных направлений является поиск альтернативных, экологически безопасных способов ограничения развития болезней культурных растений и биологических методов активизации фитоиммунитета и защиты растений [4].

В связи с возрастанием роли экологического земледелия нами для исследований были выбраны биологические препараты Оргамика С (*Bacillus amyloliquefaciens*, ВКПМ В-12464) и Бактофит СК (*Bacillus subtilis*, штамм ИПМ-215) для изучения их действия против мучнистой росы огурца в защищенном грунте.

Цель работы – оценка эффективности биологического фунгицида Оргамика С против мучнистой росы на растениях огурца в защищенном грунте.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Исследования проводили в УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия» в условиях защищенного грунта в 1-й и 2-й ротациях 2022 г. Объектом являлся огурец партенокарпического типа F₁ Кураж.

Для выращивания культуры огурца использовали торфяную смесь с содержанием подвижного фосфора (P₂O₅) 340,2 мг/кг почвы, обменного калия (K₂O) 320,0 мг/кг почвы, рН_{КС1} – 6,0.

Культуру выращивали рассадным способом. Посадку рассады в возрасте 25 дней в 1-й ротации проводили 30.03.2022 г., во 2-й – 28.05.2022 г. по схеме (80+60)×50 см. Каждый вариант опыта включал 10 учетных растений (табл. 1). Повторность опытов 4-кратная.

Оргамика С – биологический фунгицид, содержащий жизнеспособные споры штамма *Bacillus amyloliquefaciens* В-12464. Препаративная форма – жидкость, состав: 2,5 % – массовая доля жизнеспособных клеток штамма *Bacillus amyloliquefaciens* ВКПМ В-12464 и остатков питательной среды, 97,5 % – вода дистиллированная ГОСТ 58144-2018. Препарат применяется для защиты от фитопатогенных грибов и повышения урожайности зерновых, овощных, технических, кормовых, плодовых и ягодных культур, а также декоративно-цветущих растений.

Для определения эффективности биологического фунгицида в качестве эталона был использован Бактофит СК – биологический препарат, содержащий *Bacillus subtilis*, штамм ИПМ-215 (БА-10000 ЕА/мл, титр не менее 2 млрд спор/мл), для борьбы с грибными и бактериальными болезнями зерновых, овощных, плодово-ягодных культур, болезнями цветов и лекарственных растений. Препаративная форма – суспензионный концентрат.

Распространенность и развитие мучнистой росы, а также биологическую эффективность препаратов рассчитывали на основе рекомендаций, представленных в «Методических указаниях по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве» [5]. Математическая обработка полученных данных проведена по Б. А. Доспехову [6].

**РАЗДЕЛ 2. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА,
ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩЕЙ**

Таблица 1 – Схема опыта

Вариант опыта	Норма расхода, л/га	Срок обработки	Кратность обработки
Контроль (без обработки)	–	–	–
Эталон. Бактофит СК, БА – 10000 ЕД/мл, титр не менее 2,0 млрд спор/мл (<i>Bacillus subtilis</i> , штамм ИПМ-215)	15–20	Опрыскивание 1 %-й рабочей жидкостью при появлении первых симптомов болезни; повторное с интервалом 7–12 дней, расход рабочей жидкости 1 500 л/га	2
Оргамика С, ж (<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> , ВКПМ В-12464), живые бактериальные клетки штамма <i>Bacillus amyloliquefaciens</i> OPS-32	4	Опрыскивание в период вегетации 0,5 %-й рабочей жидкостью: первая обработка – профилактическая, расход рабочей жидкости 800 л/га; повторное опрыскивание 0,3 %-й рабочей жидкостью при появлении первых признаков болезни с интервалом 7 дней, расход рабочей жидкости 1 500 л/га	3

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

При выращивании огурца в 1-й ротации профилактическая обработка осуществлялась в фазу цветения огурца 01.05.2022 г. Признаков заболевания обнаружено не было. Каждые 7 дней после профилактической обработки проводили наблюдения, первые признаки развития болезни были отмечены 27.05.2022 г. в контрольном варианте, на отдельных листьях встречались мелкие пятна. На 11.06.2022 г. развитие болезни на растениях огурца было незначительным. По состоянию на 20.06.2022 г. признаки заболевания мучнистой росой отмечены во всех вариантах опыта. В вариантах с обработкой фунгицидом Оргамика С развитие болезни составило 18,4 %, в контрольном варианте – 34,5 %. В этот день была проведена первая обработка растений огурца биологическим фунгицидом Оргамика С.

Дальнейшие наблюдения (27.06.2022 г.) показали, что развитие болезни в варианте опыта с обработкой опытным препаратом находилось на уровне 26,2 %, в контрольном варианте – 64,3 % (табл. 2). Биологическая эффективность составила 59,3 %. Вторую обработку проводили 27.06.2022 г. По состоянию на 03.08.2022 г. в варианте без обработки поражение растений составило 87,5 %, в опытном варианте с использованием биологического фунгицида Оргамика С развитие болезни отмечено на уровне 27,1 %, биологическая эффективность – 69,0 %. В варианте с эталоном Бактофит СК – 52,1 и 63,0 % соответственно.

Во 2-й ротации первая профилактическая обработка проводилась также в фазу цветения огурца 27.06.2022 г. Признаков заболевания растений не выявлено. Применение

Таблица 2 – Биологическая эффективность применения препарата Оргамика С против мучнистой росы огурца в защищенном грунте (1-я ротация) в 2022 г., %

Вариант опыта	Развитие болезни на дату учета			Биологическая эффективность на дату учета	
	20.06	27.06	03.07	27.06	03.07
Контроль (без обработки)	34,5	64,3	87,5	–	–
Оргамика С, ж	18,4	26,2	27,1	59,3	69,0
Эталон. Бактофит СК	20,1	30,8	32,4	52,1	63,0
НСР ₀₅	3,861	6,120	5,084		

**РАЗДЕЛ 2. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА,
ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩЕЙ**

бактериального препарата против мучнистой росы показало его положительное действие. В контрольном варианте отмечено увеличение степени развития болезни (табл. 3). Положительное действие препарата отмечалось на 7-й день после первой и второй обработки.

Биологическая эффективность Оргамика С составила 63,4 и 62,8 % соответственно. В варианте с эталоном Бактофит СК выявлено его положительное действие. Биологическая эффективность биопрепарата составила 40,9 и 59,9 % после первой и второй обработки соответственно.

При применении биологического фунгицида Оргамика С на огурце отмечалось статистически достоверное увеличение урожайности ($HCP_{05} - 1,64$) в опытном варианте – 14,59 кг/м², продуктивность – 6,63 кг/растение, среднее количество плодов на растении – 54,1 шт. (табл. 4). Пораженных плодов не выявлено. В варианте с эталоном Бактофит СК урожайность составила 13,09 кг/м², продуктивность – 5,95 кг/растение, количество плодов на растении – 45,2 шт.; в контрольном варианте – 6,29 кг/м², 5,03 кг/растение, 37,6 шт. соответственно. Прибавка к контролю в варианте с обработкой биологическим фунгицидом Оргамика С – 31,8 %, в варианте с эталоном Бактофит СК – 18,2 %.

При применении фунгицида Оргамика С на огурце во 2-й ротации отмечалось статистически достоверное повышение урожайности ($HCP_{05} - 1,95$). В варианте с применяемым биологическим фунгицидом Оргамика С урожайность составила 13,02 кг/м², с растения – 5,92 кг, среднее количество плодов на растении – 49,9 шт. Пораженных плодов болезнями не выявлено. В варианте с эталоном получена урожайность 12,49 кг/м² и 5,68 кг с растения, количество плодов на растении – 45,1 шт., в контрольном варианте – 10,38 кг/м², 4,72 кг и 35,2 шт. соответственно. Прибавка к контролю в варианте

Таблица 3 – Биологическая эффективность применения препарата Оргамика С против мучнистой росы огурца в защищенном грунте (2-я ротация) в 2022 г., %

Вариант опыта	Развитие болезни на дату учета			Биологическая эффективность на дату учета	
	11.08	18.08	25.08	18.08	25.08
Контроль (без обработки)	44,3	67,5	95,5	–	–
Оргамика С, ж	16,2	25,1	26,3	63,4	62,8
Эталон. Бактофит СК	26,2	27,1	27	40,9	59,9
HCP_{05}	3,806	7,069	9,918		

Таблица 4 – Урожайность огурца в защищенном грунте при применении биологического фунгицида Оргамика С

Вариант опыта	Количество плодов, шт/растение	Продуктивность, кг/растение	Урожайность, кг/м ²	% к контролю
1-я ротация				
Контроль (без обработки)	37,6	5,03	11,07	–
Оргамика С, ж	54,1	6,63	14,59	31,8
Эталон. Бактофит СК	45,2	5,95	13,09	18,2
HCP_{05}	6,35	0,80	1,64	
2-я ротация				
Контроль (без обработки)	35,2	4,72	10,38	–
Оргамика С, ж	49,9	5,92	13,02	25,4
Эталон. Бактофит СК	45,1	5,68	12,49	20,3
HCP_{05}	7,32	0,40	1,95	

с обработкой биологическим фунгицидом Оргамика С составила 25,4 %, в варианте с эталоном – 20,3 %.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате исследований установлено, что обработка посадок огурца в защищенном грунте биологическим фунгицидом Оргамика С обеспечивает высокую биологическую эффективность против мучнистой росы огурца: в 1-й ротации от 59,3 до 69,0 %, во 2-й – 62,8–63,4 %. Эффективность применяемого эталона Бактофит СК в 1-й ротации после первой и второй обработки составила 52,1 и 63,0 % соответственно, во 2-й – 40,9 и 59,9 %.

В результате исследований установлены достоверные различия между вариантами опыта по урожайности. Прибавка по отношению к контролю в варианте с обработкой вегетирующих растений биологическим фунгицидом Оргамика С в 1-й ротации составила 31,8 %, во 2-й – 25,4 %, в варианте с эталоном Бактофит СК – 18,2 до 20,3 % соответственно.

Список литературы

1. Почтовая, Н. Л. Влияние комплексных удобрений на урожайность и качество огурца в защищенном грунте / Н. Л. Почтовая, В. В. Скорина // Овощеводство : сб. науч. тр. / Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т овощеводства ; редкол.: А. И. Чайковский (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2022. – Т. 30. – С. 110–116.

2. Дьяченко, В. С. Овощи и их пищевая ценность / В. С. Дьяченко. – М. : Россельхозиздат, 1979. – 159 с.

3. Вабищевич, В. В. Эффективность средств защиты огурца от мучнистой росы в условиях защищенного грунта / В. В. Вабищевич // Земледелие и растениеводство. – 2019. – № 1. – С. 25–29.

4. Вилкова, Ж. А. Эффективность биорегуляторов против мучнистой росы (*Leveillula taurica* (lev.) G. Arnaud.) томата / Ж. А. Вилкова, Р. А. Арсланова, А. С. Абакумова // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1. – С. 21–26.

5. Методические указания по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве / Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по земледелию, Ин-т защиты растений ; под ред. С. Ф. Буга. – Несвиж : Несвижская укрупненная типография, 2007. – 508 с.

6. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – 5-е изд., доп. и перераб. – М. : Агропромиздат, 1985. – 351 с.

Поступила в редакцию 06.12.2023 г.

N. L. POCHTOVAYA, T. N. KAMEDKO

EFFECTIVENESS OF BIOLOGICAL FUNGICIDE ORGAMICA S AGAINST POWDERY MILDEW ON CUCUMBER PLANTS IN PROTECTED GROUND

SUMMARY

The results of studies assessing the effectiveness of the biological fungicide Orgamica S against powdery mildew when growing cucumbers in protected ground are presented. The high biological effectiveness of the use of this preparation has been established (59.3–69.0 % in the 1st rotation and 62.8–63.4 % in the 2nd). The use of Orgamica S fungicide contributed to an increase in cucumber yield from 25.4 to 31.8 %.

Key words: cucumber; protected ground; powdery mildew of cucumber; biological preparations; quality; yield.

УДК 635.21:631.5:581.4

В. А. Сердюков, научный сотрудник

В. Л. Маханько, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,
генеральный директор

РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук
Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству»,
аг. Самохваловичи, Минский район

ВЛИЯНИЕ ШИРИНЫ МЕЖДУРЯДИЙ, УСЛОВИЙ И СПОСОБОВ ХРАНЕНИЯ КЛУБНЕЙ СЕМЕННОГО КАРТОФЕЛЯ НА БИОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАСТЕНИЙ И УРОЖАЙНОСТЬ

РЕЗЮМЕ

Представлены результаты исследований влияния приемов агротехники выращивания (ширины междурядий 75 и 90 см), условий (применение систем активного вентилирования 3–4 и 5-го технологических укладов) и способов хранения (насыпью и контейнерный) на урожайность и биометрические показатели (высота растений и количество стеблей) растений картофеля.

Минимальная урожайность была зафиксирована в варианте с шириной междурядий 75 см при хранении клубней в условиях применения осевых вентиляторов, а максимальная – у сортов Бриз и Скарб при ТВ-90, Рагнеда и Вектар при ТВ-75, клубни которых хранились в условиях ТХ-1.

Высота растений, количество стеблей и урожайность непосредственно зависели от условий года с долей влияния 34,80; 62,36 и 57,56 % соответственно; а также от сортовой особенности – на 20,51 % (высота растений), 14,14 (количество стеблей) и 7,99 % (урожайность).

Ключевые слова: картофель; сорт; ширина междурядий; условия и способы хранения; урожайность; биометрические показатели.

ВВЕДЕНИЕ

Влияние условий хранения на сохранение семенного потенциала у клубней картофеля является предметом исследований ученых из многих стран, и однозначные выводы о характере этого влияния сделать достаточно сложно, так как реакция разных сортов может проявляться в различной степени, что обусловлено зависимостью и от других факторов.

При оптимальных условиях хранения семенного картофеля обеспечивается сохранение его потенциала, и наоборот, нарушение режимов хранения может привести к значительному его снижению [1–5].

Влияние агротехники возделывания картофеля (в том числе ширины междурядий), условий и способов хранения на биометрические показатели растений картофеля малоизучено, особенно системы активного вентилирования 5-го технологического уклада. В связи с этим целью исследований являлось определение влияния ширины междурядий, условий и способов хранения на биометрические показатели и урожайность сортов картофеля.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Исследования проводились в лаборатории технологий производства и хранения картофеля РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству» в 2018–2020 гг.

В качестве объектов исследований выступили сорта картофеля различных групп спелости; агротехника выращивания; условия хранения; способы хранения. Предметом исследования были биометрические показатели, а именно высота растений и количество стеблей.

В рамках исследований проведен пятифакторный опыт:

фактор А – сорт (Бриз, Скарб, Рагнеда и Вектар);

фактор В – ширина междурядий, ТВ (ТВ-75 – технология возделывания с шириной междурядий 75 см – контроль, ТВ-90 – технология возделывания с шириной междурядий 90 см);

фактор С – технология (условия) хранения, ТХ (ТХ-1 – применение систем вентилирования 5-го технологического уклада (оборудованы центробежными вентиляторами), ТХ-2 – применение систем вентилирования 3–4-го технологических укладов (оборудованы осевыми вентиляторами – контроль);

фактор D – способ хранения, СХ (СХ-н – насыпью, СХ-к – контейнерный);

фактор E – условия года (почвенно-климатические условия в период вегетации).

Технология возделывания – общепринятая при выращивании картофеля с шириной междурядий 75 и 90 см на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве [6]. В качестве предшествующей культуры выступал озимый рапс на маслосемена. Минеральные удобрения вносили из расчета 90 кг/га д. в. азота (сульфат аммония), 60 – фосфора (аммофос) и 150 кг/га д. в. калия (хлористый калий).

Опыты были проведены на технологическом севообороте центра. Пахотный горизонт опытных участков полей характеризовался агрохимическими показателями, которые представлены в таблице 1.

Содержание гумуса в почве было среднее – 2,02 % (IV группа) изменялось от 1,85 % (2020 г.) до 2,22 % (2019 г.), почва сильноокислая – 4,10 (I группа), кислотность варьировала от 3,40 (2019 г.) до 4,50 (2020 г.). Содержание подвижного фосфора и калия высокое – 321,83 и 333,73 мг/кг почвы соответственно.

Отклонения в температуре продукта в среднем за год достигали 0,5 °С, четкой закономерности влияния систем вентилирования на относительную влажность воздуха (ОВВ) не было выявлено. За 2017–2020 гг. в основной период хранения картофеля (ноябрь – март) с использованием систем активного вентилирования обеспечивался следующий температурно-влажностный режим: в условиях ТХ-1 температура изменялась в пределах от 3,1 °С (2018–2019 гг.) до 8,0 °С (2019–2020 гг.) и ОВВ – от 80,5 % (2019–2020 гг.) до 93,1 % (2017–2018 гг.). В условиях ТХ-2 температура

Таблица 1 – Агрохимические показатели дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы (аг. Самохваловичи Минского района), 2018–2020 гг.

Показатели	2018 г.	2019 г.	2020 г.	\bar{x}
Гумус, %	1,98	2,22	1,85	2,02
pH в KCl	4,40	3,40	4,50	4,10
P ₂ O ₅ , мг/кг	419,20	220,30	326,00	321,83
K ₂ O, мг/кг	387,60	276,30	337,30	333,73

Примечание. \bar{x} – среднее значение.

**РАЗДЕЛ 2. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА,
ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩЕЙ**

продукта варьировала от 3,8 °С (2017–2018 гг.) до 9,0 °С (2019–2020 гг.) и ОВВ – от 78,1 % (2019–2020 гг.) до 90,7 % (2017–2018 гг.).

Метеорологические условия вегетационных периодов отличались нестабильностью и контрастностью, особенно это относится к количеству выпавших осадков (рис. 1 и 2).

Среднесуточная температура воздуха в мае 2018 и 2019 гг. была выше среднемесячной на 3,5 и 0,4 °С соответственно, в 2020 г. ниже на 1,7 °С. В мае 2018–2020 гг. осадков выпадало ниже нормы, меньше всего их было в 2018 г. Температура в июне повысилась до 17,6 °С (2018 г.), 20,8 (2019 г.) и 17,4 °С (2020 г.), что выше среднемесячного значения. Осадков выпало ниже нормы в 2018 и 2019 гг. – 50,1 и 48,6 мм соответственно при норме 82,0 мм. В 2020 г. количество осадков превысило норму на 3,2 мм и составило 85,2 мм. Среднесуточная температура воздуха в июле 2018 г. была на уровне

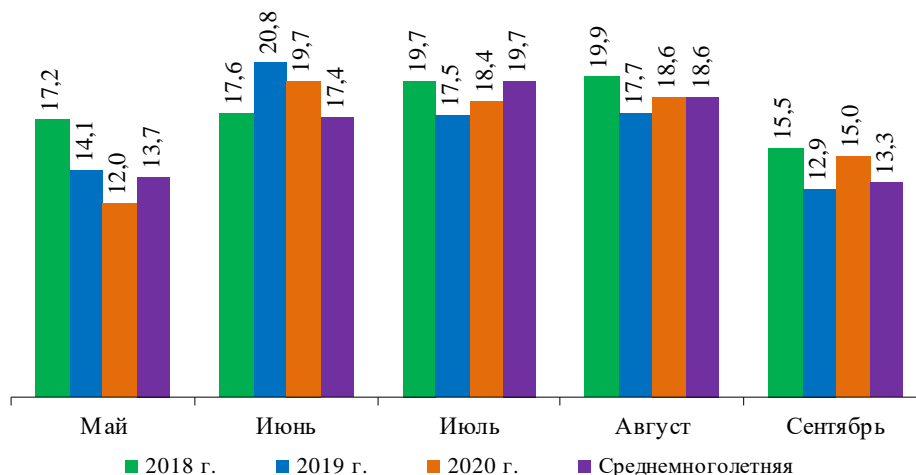


Рисунок 1 – Среднесуточная температура воздуха по месяцам за 2018–2020 гг., °С (агрометеостанция «Минск», аг. Самохваловичи Минского района)

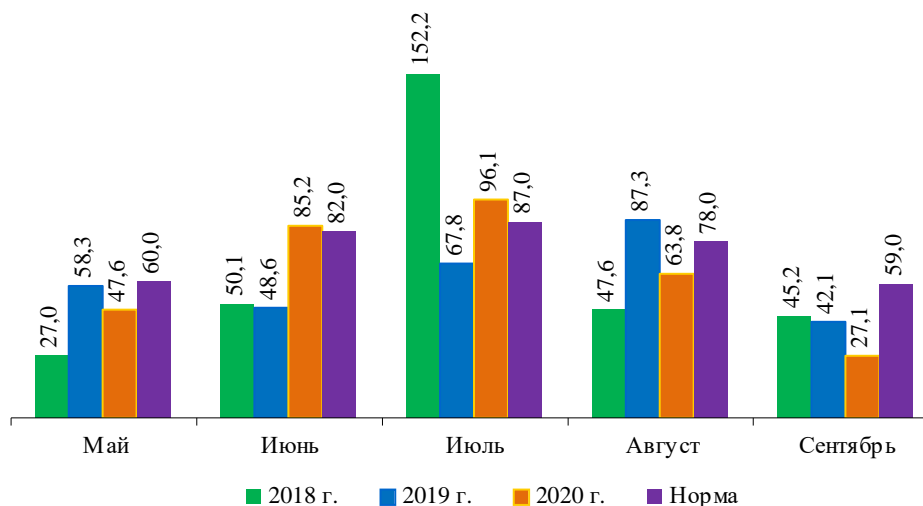


Рисунок 2 – Количество осадков по месяцам за 2018–2020 гг., мм (агрометеостанция «Минск», аг. Самохваловичи Минского района)

**РАЗДЕЛ 2. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА,
ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩЕЙ**

среднегодовой – 19,7 °С, в 2019 и 2020 гг. было прохладнее – 17,5 и 18,4 °С соответственно. Количество осадков в июле 2018 г. превысило норму в 1,75 раза, выпало 152,2 мм при норме 87,0 мм. Превышение нормы было также в 2020 г. на 9,1 мм. В 2019 г. осадков выпало ниже нормы на 19,2 мм (67,8 мм). Самая высокая среднесуточная температура воздуха в августе отмечена в 2018 г. – 19,9 °С, что на 1,3 °С выше среднегодовой. Температура 2020 г. была на уровне среднегодовой, а в 2019 г. – ниже на 0,9 °С. Количество выпавших осадков было ниже нормы в 2018 и 2020 гг., (47,6 и 63,8 мм при норме 78,0 мм). В августе 2019 г. количество осадков было выше нормы на 9,3 мм – 87,3 мм. Температура воздуха в сентябре 2018 и 2020 гг. превысила среднегодовое значение на 2,2 и 1,7 °С соответственно. Сентябрь 2019 г. был более прохладный, среднесуточная температура воздуха составила 12,9 °С. За годы исследований сентябрь был сухим, количество осадков не превышало норму. Всего за месяц выпало осадков в 2018 г. – 45,2 мм, 2019 г. – 42,1 и в 2020 г. – 27,1 мм при норме 59,0 мм (см. рис. 1 и 2).

За период от посадки до уборки среднесуточная температура воздуха в 2018 г. была 18,0 °С, 2019 г. – 16,6 и в 2020 г. – 16,7 °С при среднегодовой 16,5 °С. Количество осадков от посадки до уборки не превышало норму – 366,0 мм, всего выпало 322,1 мм в 2018 г., 304,1 – в 2019 г. и 319,8 мм в 2020 г. Гидротермический коэффициент (ГТК) в 2018 г. составил 1,24, 2019 г. – 1,19 и в 2020 г. – 1,26.

Исследования выполняли согласно методическим рекомендациям [7, 8]. Статистическая обработка экспериментальных данных выполнена программой Statistica 10.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В процессе исследований высота растений изменялась в пределах: Бриз – 64,83–71,23 см, Скарб – 63,13–68,60, Рагнеда – 68,20–74,30 и Вектар – 58,30–74,30 см. Наиболее высокие растения были при ТВ-75 в условиях ТХ-1. Способ хранения статистически достоверного влияния на данный показатель не оказал. Самые высокие растения были в варианте ТВ-75 + ТХ-1 + СХ-н: средняя высота составила 72,11 см (табл. 2).

Сорта Бриз и Скарб образуют больше стеблей при ТВ-75 – 4,43 и 4,23 шт/растение, а Рагнеда и Вектар при ТВ-90 – 4,63 и 4,53 шт/растение соответственно. Растения всех

Таблица 2 – Влияние сорта, ширины междурядий, условий и способов хранения на биометрические показатели растений картофеля, 2018–2020 гг.

ТВ (В)	ТХ (С)	СХ (D)	Сорт (А)								x̄ по варианту	
			Бриз		Скарб		Рагнеда		Вектар		В. р.	К. с.
			В. р.	К. с.	В. р.	К. с.	В. р.	К. с.	В. р.	К. с.		
75	1	Н	71,23	4,43	68,57	4,23	74,30	4,43	74,33	4,47	72,11	4,39
		К	70,03	4,27	68,60	4,03	74,13	4,53	73,73	4,37	71,62	4,30
	2	Н	68,10	4,43	64,90	4,13	69,63	4,40	69,67	4,27	68,08	4,31
		К	67,60	4,30	66,03	4,17	71,00	4,47	70,60	4,27	68,81	4,30
90	1	Н	68,37	4,30	65,03	3,93	72,27	4,40	73,40	4,43	69,77	4,27
		К	68,43	4,40	66,50	4,17	75,47	4,63	71,90	4,53	70,58	4,43
	2	Н	65,17	4,33	63,13	4,00	68,87	4,37	58,30	4,13	63,87	4,21
		К	64,83	4,13	63,53	3,90	68,20	4,43	67,57	4,23	66,03	4,17
НСР ₀₅	фактор А	2,27 (В. р.) / 0,14 (К. с.)										
		фактор В										
		фактор С										
		фактор D										

Примечание. В. р. – высота растений; К. с. – количество стеблей; x̄ – среднее значение.

**РАЗДЕЛ 2. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА,
ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩЕЙ**

исследуемых сортов образуют больше стеблей, клубни которых хранились в условиях применения в период длительного хранения вентиляционного оборудования 5-го технологического уклада (ТХ-1). У сортов Бриз и Скарб больше стеблей на куст при хранении клубней насыпью – 4,43 и 4,23 шт/растение, а Рагнеда и Вектар – при контейнерном способе – 4,63 и 4,53 шт/растение соответственно.

Установлено, что максимальная урожайность возделываемых сортов картофеля была получена в опытных вариантах, клубни которых хранились с применением систем активного вентилирования 5-го технологического уклада: урожайность варьировала в пределах от 49,71 до 52,65 т/га, а в контрольном варианте – 46,46–49,15 т/га независимо от сорта (табл. 3).

Урожайность картофеля по сортам варьировала в пределах: Бриз – от 48,54 т/га (ТВ-75 + ТХ-2 + СХ-к) до 54,06 т/га (ТВ-90 + ТХ-1 + СХ-к), Скарб – от 42,96 (ТВ-75 + ТХ-2 + СХ-н) до 51,98 (ТВ-90 + ТХ-1 + СХ-н), Рагнеда – от 46,54 (ТВ-75 + ТХ-2 + СХ-к) до 55,21 (ТВ-75 + ТХ-1 + СХ-н) и у сорта Вектар – от 43,94 т/га (ТВ-75 + ТХ-2 + СХ-н) до 51,54 т/га (в варианте ТВ-75 + ТХ-1 + СХ-н).

Сравнительная оценка биометрических показателей исследуемых сортов независимо от других изучаемых факторов показала, что самый низкостебельный сорт – Скарб, средняя высота растений 65,79 см, предел варьирования изменялся от 49,90 до 77,00 см. Самые высокие стебли были у сортов Рагнеда и Вектар, в среднем их высота составляла 71,73 см (60,60–81,00) и 69,94 см (64,00–79,60) соответственно.

У сортов Бриз, Рагнеда и Вектар количество стеблей статистически достоверно больше, чем у сорта Скарб, у которого насчитывалось в среднем 4,07 шт/растение, что меньше на 0,26, чем у сорта Бриз, и на 0,39 шт/растение, чем у сорта Рагнеда. У последнего отмечено максимальное количество стеблей – 5,20 шт/растение, минимальное у сорта Скарб – 3,00 шт/растение.

У сорта Бриз отмечена самая высокая урожайность – 51,89 т/га, что достоверно выше, чем у сортов Скарб (48,64), Вектар (47,72) и Рагнеда (50,39 т/га) (табл. 4).

Независимо от сорта, ТХ, СХ и условий года число стеблей на растениях было выше при ТВ-75 – 4,33 шт/растение, что на 0,06 стебля больше, чем при ТВ-90 (4,27 шт/растение).

Таблица 3 – Влияние ширины междурядий, условий и способов хранения на урожайность семенного картофеля, 2018–2020 г., т/га

ТВ (В)	ТХ (С)	СХ (D)	Сорт (А)				\bar{x} по варианту
			Бриз	Скарб	Рагнеда	Вектар	
75	1	Н	51,72	50,36	55,21	51,54	52,21
		К	52,12	49,56	48,79	48,38	49,71
	2	Н	50,58	42,96	48,36	43,94	46,46
		К	48,54	46,19	46,54	45,06	46,58
\bar{x} по ТВ-75			50,74	47,27	49,73	47,23	48,74
90	1	Н	54,00	51,98	54,16	50,45	52,65
		К	54,06	49,63	52,77	49,97	51,61
	2	Н	52,87	48,65	48,97	46,10	49,15
		К	51,25	49,82	48,33	46,30	48,93
\bar{x} по ТВ-90			53,05	50,02	51,06	48,21	50,59
НСР ₀₅	фактор А		2,46				–
	фактор В		3,19	3,90	3,23	3,83	
	фактор С		3,09	3,88	2,92	3,69	
	фактор D		3,19	3,92	3,19	3,86	

Примечание. \bar{x} – среднее значение.

**РАЗДЕЛ 2. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА,
ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩЕЙ**

Таблица 4 – Влияние сорта на биометрические показатели растений картофеля и урожайность, 2018–2020 гг.

Сорт (А)	Статистический показатель	Биометрический показатель		Урожайность, т/га
		Высота растений, см	Количество стеблей, шт/растение	
Бриз	\bar{x}	67,97	4,33	51,89
	lim	55,20–77,50	3,40–5,10	37,91–58,69
Скарб	\bar{x}	65,79	4,07	48,64
	lim	49,90–77,00	3,00–4,50	35,65–60,05
Рагнеда	\bar{x}	71,73	4,46	50,39
	lim	60,60–81,00	3,20–5,20	40,81–62,37
Вектар	\bar{x}	69,94	4,34	47,72
	lim	64,00–79,60	3,10–5,00	32,88–63,41
НСР ₀₅ – фактор А (сорт)		2,27	0,14	2,46

Примечание. \bar{x} – среднее значение, lim – предел варьирования.

При определении влияния ширины междурядий на высоту растений установлено, что при ТВ-75 растения были выше на 2,59 см (70,15 см), чем при ТВ-90 (67,56 см), что является статистически достоверной разностью (табл. 5).

Установлена статистически достоверная прибавка урожая клубней картофеля, выращенных при ширине междурядий 90 см, превышающая контрольный вариант (ТВ-75) на 1,84 т/га, при средней урожайности ТВ-75 – 48,74 т/га и ТВ-90 – 50,58 т/га.

Следует отметить, что в условиях ТХ-1 формируется на 0,10 шт/растение стеблей больше, чем при ТХ-2. Установлено, что высота растений при хранении клубней семенного картофеля в условиях ТХ-1 на 4,32 см больше (71,02 см), чем в условиях ТХ-2 (66,70 см) (табл. 6).

Применение систем активного вентилирования 5-го технологического уклада обеспечило получение более высокой урожайности по сравнению с контролем (ТХ-2) в среднем на 3,76 т/га, что является статистически достоверной прибавкой.

Количество стеблей было одинаково – 4,29 и 4,30 шт/растение при СХ-н и СХ-к соответственно. Высота растений, как и количество стеблей, была на одном уровне – 68,45 см при хранении насыпью и 69,26 см при контейнерном способе хранения. В последнем случае минимальная урожайность была выше (35,65 т/га), а максимальная – ниже (61,56 т/га), чем при хранении насыпью, также в данном случае были отмечены самые высокие растения (81,00 см), а минимальная высота составляла 50,60 см.

Таблица 5 – Влияние ширины междурядий на биометрические показатели растений картофеля и урожайность, 2018–2020 гг.

Ширина междурядий (В)	Статистический показатель	Биометрический показатель		Урожайность, т/га
		Высота растений, см	Количество стеблей, шт/растение	
75	\bar{x}	70,15	4,33	48,74
	lim	50,00–80,00	3,00–5,00	32,88–63,42
90	\bar{x}	67,56	4,27	50,58
	lim	49,90–81,00	3,10–5,20	39,90–59,55
НСР ₀₅ – фактор В (ТВ)		1,72	0,11	1,78

Примечание. \bar{x} – среднее значение, lim – предел варьирования.

**РАЗДЕЛ 2. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА,
ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩЕЙ**

Установлено, что способ хранения не оказал статистически достоверного влияния на урожайность сортов картофеля, которая изменялась под влиянием других исследуемых факторов, была в пределах НСР, но выше в варианте СХ-н на 0,91 т/га (50,12 т/га) (табл. 7).

Существенное влияние на количество стеблей и высоту растений оказали условия года. Максимальное количество стеблей независимо от сорта и других факторов было отмечено в 2019 г. – 4,61 шт/растение, что является статистически достоверным превышением по сравнению с 2020 г. на 0,19 и 2019 г. на 0,75 шт/растение (табл. 8).

Таблица 6 – Влияние условий хранения на биометрические показатели растений картофеля и урожайность, 2018–2020 гг.

Условия хранения (С)	Статистический показатель	Биометрический показатель		Урожайность, т/га
		Высота растений, см	Количество стеблей, шт/растение	
ТХ-1	\bar{x}	71,02	4,35	51,54
	lim	55,90–81,00	3,10–5,20	40,79–63,42
ТХ-2	\bar{x}	66,70	4,25	47,78
	lim	49,90–78,00	3,00–5,10	32,88–59,55
НСР ₀₅ – фактор С (условия хранения)		1,65	0,11	1,72

Примечание. \bar{x} – среднее значение, lim – предел варьирования.

Таблица 7 – Влияние способа хранения на биометрические показатели растений картофеля и урожайность, 2018–2020 гг.

Способ хранения (D)	Статистический показатель	Биометрический показатель		Урожайность, т/га
		Высота растений, см	Количество стеблей, шт/растение	
н	\bar{x}	68,45	4,29	50,12
	lim	49,90–80,00	3,10–5,10	32,88–63,42
к	\bar{x}	69,26	4,30	49,21
	lim	50,60–81,00	3,00–5,20	35,65–61,56
НСР ₀₅ – фактор D (СХ)		1,72	0,11	1,78

Примечание. \bar{x} – среднее значение, lim – предел варьирования.

Таблица 8 – Влияние условий года на биометрические показатели растений картофеля, 2018–2020 гг.

Условия года (Е)	Статистический показатель	Биометрический показатель		Урожайность, т/га
		Высота растений, см	Количество стеблей, шт/растение	
2018	\bar{x}	66,99	3,86	50,05
	lim	57,40–78,00	3,00–4,70	42,03–59,52
2019	\bar{x}	70,08	4,61	56,56
	lim	49,90–73,40	3,90–5,10	48,91–63,42
2020	\bar{x}	72,75	4,42	42,37
	lim	60,60–81,00	3,50–5,20	32,88–49,97
НСР ₀₅ – фактор Е (условия года)		1,84	0,10	1,66

Примечание. \bar{x} – среднее значение, lim – предел варьирования.

**РАЗДЕЛ 2. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА,
ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩЕЙ**

Самые низкие растения были в 2018 г. (2017–2018 гг. хранения) – 66,99 см, что на 3,09 и 5,76 см меньше, чем в 2019 г. (2018–2019 гг.) и 2020 г. (2019–2020 гг.) соответственно.

Урожайность в 2020 г. существенно отличалась от показателей 2018 и 2019 гг. Наименьшая урожайность по опыту, независимо от сорта и других факторов, была получена в 2020 г. – 42,37 т/га, наибольшая в 2019 г. – 56,56; в 2018 г. составила 50,05 т/га.

Установлено, что урожайность картофеля в среднем за 2018–2020 гг. зависела от условий выращивания (фактор Е) на 57,56 %. Факторы А «сорт» и С «условия хранения» оказали влияние на 7,99 и 9,84 % соответственно, а взаимодействие этих факторов – на 10,92 %. Другие взаимодействия факторов не имели существенного значения (рис. 3).

Дисперсионным анализом установлено, что высота растений и количество стеблей непосредственно зависели от условий года с долей влияния 34,80 и 62,36 % соответственно. Кроме того, существенное значение имели сортовые особенности с долей влияния 20,51 % на высоту растений и 14,14 % на количество стеблей. Совокупное взаимодействие этих факторов оказывает влияние на высоту растений и количество стеблей на одно растение на 20,10 и 12,60 % соответственно. Фактор С «условия хранения» влияет на высоту растений в пределах 11,97 %. Другие изучаемые факторы имели меньшую значимость (рис. 4).

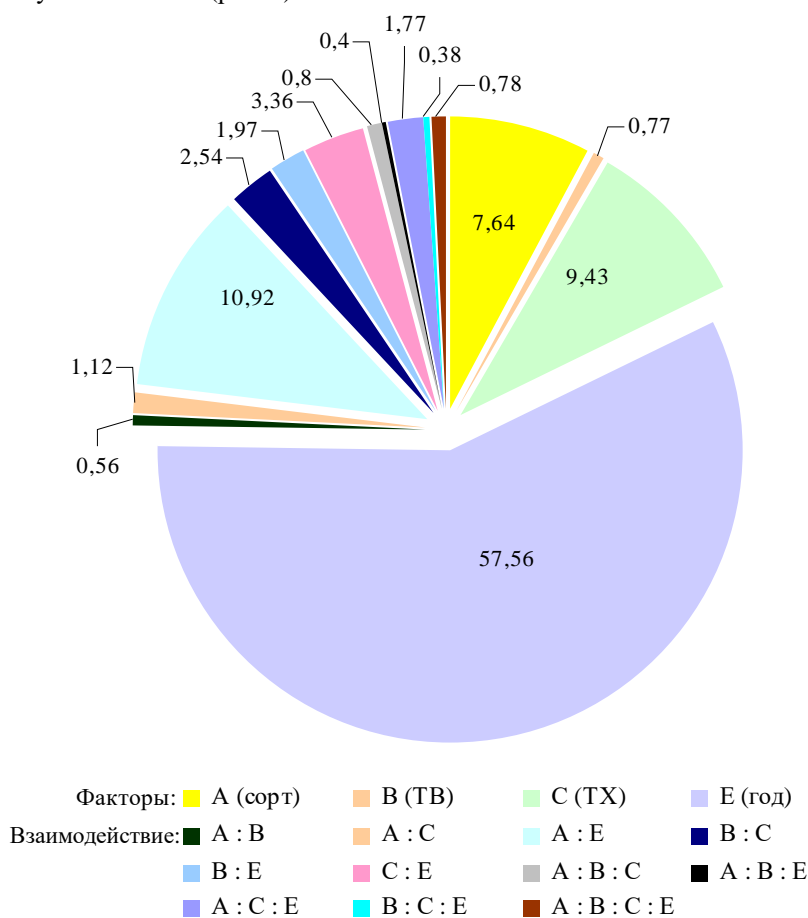


Рисунок 3 – Доля влияния изучаемых факторов на урожайность семенного картофеля, 2018–2020 гг., %

РАЗДЕЛ 2. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА,
ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩЕЙ

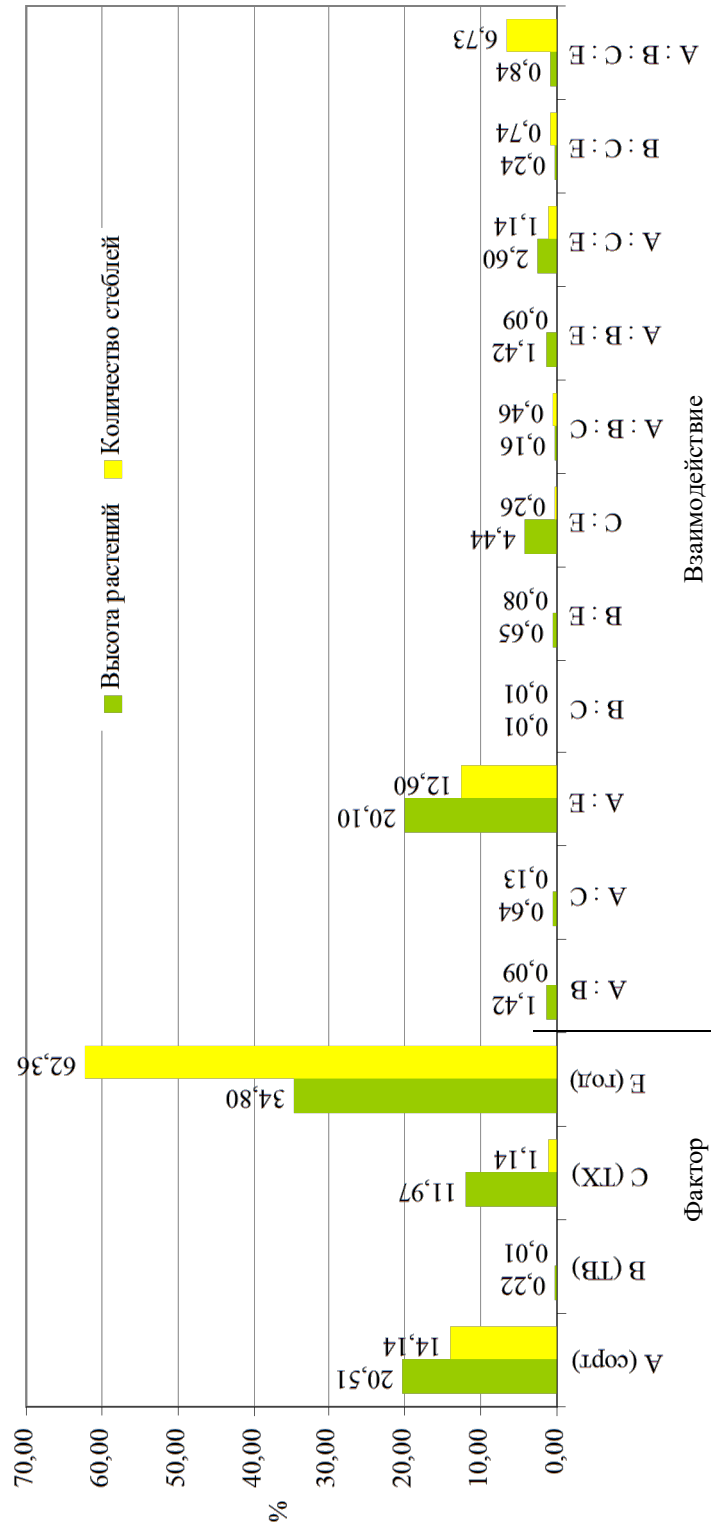


Рисунок 4 – Доля влияния изучаемых факторов на биометрические показатели растений картофеля, 2018–2020 гг., %

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований установлено, что наиболее высокие растения были при ТВ-75 и хранении в условиях ТХ-1. Сорта Бриз и Скарб образуют больше стеблей при ТВ-75 и хранении их насыпью, а Рагнеда и Вектар – при ТВ-90 и контейнерном способе хранения. Растения всех исследуемых сортов образуют больше стеблей на куст, если клубни хранились в условиях ТХ-1. Минимальная урожайность сортов была получена в варианте ТВ-75, если клубни хранились в условиях применения осевых вентиляторов, а максимальная – у сортов Бриз и Скарб при ТВ-90, у сортов Рагнеда и Вектар – при ТВ-75 и хранении клубней в условиях ТХ-1.

У сорта Бриз отмечена самая высокая урожайность – 51,89 т/га, что достоверно выше сортов Скарб (48,64), Вектар (47,72) и Рагнеда (50,39 т/га).

Ширина междурядий не оказывала влияния на количество стеблей. Установлено, что высота растений при ТВ-75 была больше на 2,59 см (70,15 см), чем при ТВ-90 (67,56 см). Урожайность, наоборот, выше при ТВ-90 на 1,84 т/га (50,58 т/га).

Технология хранения независимо от других факторов не оказала влияния на количество стеблей, но повлияла на высоту растений и урожайность. Установлено, что высота растений при хранении клубней семенного картофеля в условиях ТХ-1 на 4,32 см больше (71,02 см), а урожайность – на 3,76 т/га (51,54 т/га), чем в условиях ТХ-2 – 66,70 см и 47,78 т/га соответственно.

Способ хранения клубней семенного картофеля не оказал статистически достоверного влияния на урожайность, количество стеблей и их высоту. Максимальное количество стеблей независимо от сорта и других факторов было отмечено в 2019 г. – 4,61 шт/растение. Самые низкие растения были в 2018 г. (2017–2018 гг. хранения) – 66,99 см, что на 3,09 и 5,76 см меньше, чем в 2019 г. (70,08) и 2020 г. (72,75 см). Минимальная урожайность была в 2020 г. – 42,37 т/га, а максимальная в 2019 г. – 56,56 т/га.

Высота растений, количество стеблей и урожайность непосредственно зависели от условий года (фактор Е) с долей влияния 34,80; 62,36 и 57,56 % соответственно; от сортовой особенности – на 20,51 % (высота растений), 14,14 (количество стеблей) и 7,99 % (урожайность). Также высота растений и урожайность на 11,97 и 9,84 % зависели от условий хранения соответственно.

Список литературы

1. Технологии хранения картофеля / К. А. Пшеченков [и др.] ; Рос. акад. с.-х. наук, Всерос. науч.-исслед. ин-т картоф. хоз-ва им. А. Г. Лорха, Моск. гос. ун-тим. М. В. Ломоносова. – [б. м.] : Картофелевод, 2007. – 191 с.
2. Зиновьев, Ю. И. Хранение картофеля в помещениях с принудительной вентиляцией : обзор зарубеж. и отечеств. лит. / Ю. И. Зиновьев. – М. : [б. и.], 1967. – 112 с.
3. Сокол, П. Ф. Хранение картофеля / П. Ф. Сокол. – М. : Сельхозиздат, 1963. – 256 с.
4. Гусев, С. А. Хранение картофеля / С. А. Гусев, Л. В. Метлицкий. – М. : Колос, 1982. – 221 с.
5. Картофель (возделывание, уборка, хранение) / Д. Шпаар [и др.] ; ред. Д. Шпаар. – 4-е изд., дораб. и доп. – М. : Агродело, 2007. – 457 с.
6. Организационно-технологические нормативы возделывания сельскохозяйственных культур : сб. отраслевых регламентов / Ин-т аграр. экономики НАН Беларуси ; рук. разраб. В. Г. Гусаков [и др.]. – Минск : Белорус. наука, 2005. – 460 с.
7. Росс, В. Биометрические измерения в посевах сельскохозяйственных культур / В. Росс, Ю. Росс. – М. : ВАСХНИЛ, 1969. – 25 с.

8. Методика исследований по культуре картофеля / НИИ картоф. хоз-ва ; редкол.: Н. С. Бацанов [и др.]. – М., 1967. – 265 с.

Поступила в редакцию 01.12.2023 г.

V. A. SERDYUKOV, V. L. MAKHANKO

THE INFLUENCE OF PLANTING WIDTH, CONDITIONS AND METHODS OF STORING OF SEED POTATO TUBERS ON BIOMETRIC INDICATORS OF PLANTS AND YIELD

SUMMARY

The results of studies of the influence of agricultural cultivation techniques (planting width of 75 and 90 cm), conditions (use of aeration systems of the 3rd–4th and 5th technological modes) and storage methods (in bulks and containers) on yield and biometric indicators (plant height and number of plants) are presented.

The minimum yield was recorded in the variant with a planting width of 75 cm when storing tubers and using axial fans, and the maximum was recorded in the varieties Briz and Scarb at TV-90, Ragneda and Vektar at TV-75, the tubers of which were stored under conditions TX-1.

Plant height, number of stems and yield directly depended on the conditions of the year with an influence share of 34.80; 62.36 and 57.56 %, respectively; from varietal characteristics by 20.51 % (plant height), 14.14 (number of stems) and 7.99 % (yield).

Key words: potato; variety; planting width; storage conditions and methods; yield; biometric indicators.

УДК 635.21:631.16:658.155(476.1)

В. А. Сердюков, научный сотрудник

В. Л. Маханько, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,
генеральный директор

РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук
Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству»,
аг. Самохваловичи, Минский район

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА ПРОДОВОЛЬСТВЕННОГО КАРТОФЕЛЯ В УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЗОНЫ БЕЛАРУСИ

РЕЗЮМЕ

Представлены результаты исследований влияния ширины междурядий (75 и 90 см), условий (применение систем активного вентилирования 3–4 и 5-го технологических укладов) и способов хранения (насыпью и контейнерный) клубней картофеля на показатели экономической эффективности производства продовольственного картофеля.

Себестоимость производства продовольственного картофеля изменялась для сорта Бриз – 0,324–0,390 тыс. руб/т; Скарб – 0,331–0,408; Рагнеда – 0,323–0,400 и Вектар – 0,335–0,410 тыс. руб/т.

Рентабельность производства картофеля по сортам составила: Бриз – 31,75–60,79 %; Скарб – 26,95–58,74; Рагнеда – 25,66–58,72 и Вектар – 25,09–54,85 %. Максимальная рентабельность была отмечена в варианте ТВ-90 + ТХ-1 + СХ-н, а минимальная – в вариантах ТВ-75 + ТХ-2 + СХ-н (Скарб) и ТВ-75 + ТХ-2 + СХ-к (Бриз, Рагнеда и Вектар).

Увеличение ширины междурядий с 75 до 90 см независимо от технологии и способа хранения повысило рентабельность производства картофеля от 12,68 % (Вектар) до 15,91 % (Скарб).

Применение в период хранения центробежных вентиляторов 5-го технологического уклада без учета технологии возделывания и способа хранения увеличило рентабельность по сортам от 7,39 % (Бриз) до 12,15 % (Вектар).

Ключевые слова: картофель продовольственный; сорт; экономическая эффективность; себестоимость; рентабельность.

ВВЕДЕНИЕ

Технологию производства картофеля можно представить в виде двух блоков: блока полевых работ, включающего выращивание и уборку, и блока хранения. Первый длится в зависимости от сорта и климатической зоны выращивания 3–4 месяца; второй – в зависимости от назначения картофеля и времени реализации – от 2–3 до 8–11 месяцев, то есть несоизмеримо больше. Снижение влияния отрицательных факторов на хранящиеся клубни, обеспечение их высокого качества, сведение до минимума потерь – основная задача современных технологий производства картофеля [1].

Современные технологии в картофелеводстве должны быть конкурентоспособными, обеспечивать высокую урожайность и сопровождаться экономической оценкой.

Одним из путей повышения урожайности картофеля и уменьшения экономических затрат на единицу площади выращивания является внедрение современных технологий возделывания [2, 3].

Результат производства картофеля зависит от многих факторов: сорта, технологии и условий выращивания, уборки и послеуборочной доработки клубней, а также от условий и способов хранения, конструкции хранилища, системы вентилирования и управления температурно-влажностными режимами в насыпи картофеля и в помещении хранилища с учетом специфических условий различных климатических зон [1, 4–6].

Целью данного исследования было определить экономическую эффективность полного цикла производства (возделывание и хранение) продовольственного картофеля в зависимости от сорта, технологии возделывания, условий и способов хранения, а также условий года.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Исследования проводились в лаборатории технологий производства и хранения картофеля РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству» в 2017–2020 гг.

В качестве объектов исследований использовались сорта картофеля белорусской селекции различных групп спелости, ширина междурядий, условия и способы хранения клубней картофеля.

Предметом исследования были показатели экономической эффективности производства картофеля.

Проведен пятифакторный опыт:

фактор А – сорт (Бриз, Скарб, Рагнеда и Вектар);

фактор В – ширина междурядий (ТВ-75 – технология возделывания с шириной междурядий 75 см и ТВ-90 – технология возделывания с шириной междурядий 90 см);

фактор С – технология (условия) хранения, ТХ (ТХ-1 – применение систем вентилирования 5-го технологического уклада (далее – ТУ, оборудованы центробежными вентиляторами), ТХ-2 – применение систем вентилирования 3–4-го технологических укладов (оборудованы осевыми вентиляторами));

фактор D – способ хранения, СХ (СХ-н – насыпью, СХ-к – контейнерный);

фактор E – условия года (2017–2018, 2018–2019 и 2019–2020 гг.).

Технологии возделывания и хранения клубней картофеля соответствовали всем требованиям отраслевого регламента [7].

Исследования выполняли согласно «Методическим рекомендациям по специализированной оценке сортов картофеля» [8] и «Методике исследований по культуре картофеля» [9], экономическую эффективность определяли по методикам М. М. Севернева [10], ВНИИПИ [11] и методике биоэнергетической оценки в картофелеводстве [12].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В результате проведенных исследований установлено, что производство (возделывание + хранение) продовольственного картофеля существенно зависело от сорта и других факторов, влияющих на рентабельность, которая напрямую зависела от урожайности, затрат на возделывание и технологии возделывания (ширины междурядий).

Независимо от ширины междурядий рентабельность выращивания картофеля по сортам изменялась в пределах: Бриз 47,55–85,91 %; Скарб – 30,60–78,96; Рагнеда –

РАЗДЕЛ 2. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА, ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩЕЙ

41,46–86,46 и Вектар – 34,82–75,31 %. Минимальная была отмечена в вариантах ТВ-75 + ТХ-2 + СХ-н (Скарб и Вектар) и ТВ-75 + ТХ-2 + СХ-к (Бриз и Рагнеда), а максимальная – ТВ-90 + ТХ-1 + СХ-н (Скарб, Рагнеда и Вектар), у сорта Бриз – при СХ-к (табл. 1). Независимо от условий и способов хранения клубней картофеля увеличение ширины междурядий вело к повышению рентабельности производства от 22,60 % (Вектар) до 28,39 % (Бриз), у сортов Скарб и Рагнеда – на 28,52 и 24,62 % соответственно. Применение систем активного вентилирования 5-го ТУ независимо от ТВ и СХ обеспечило повышение рентабельности от 6,98 % (Бриз) до 15,34 % (Вектар), у сортов Скарб и Рагнеда – на 10,88 и 15,21 % соответственно.

При выращивании продовольственного картофеля с шириной междурядий 90 см и хранении с использованием центробежных вентиляторов (ТХ-1) клубни имели лучшую сохранность и наибольший выход сохранившихся клубней, однако четкой закономерности влияния способа хранения на данные показатели не установлено. Как видно из таблицы 1, минимальные потери клубней были отмечены в варианте ТВ-90 + ТХ-1 и варьировали от 2,09 % (Скарб) до 4,47 % (Рагнеда), а максимальные – в варианте ТВ-75 + ТХ-2 и изменялись от 3,03 % (Скарб) до 7,02 % (Рагнеда). Увеличение ширины междурядий с 75 до 90 см независимо от ТВ и СХ привело к снижению общих потерь за период длительного хранения от 0,08 % (Бриз) до 0,50 % (Рагнеда). При хранении клубней в условиях ТХ-1 потери были ниже от 0,93 % (Скарб) до 1,80 % (Рагнеда).

Наибольший выход сохранившегося картофеля был в варианте ТВ-90 + ТХ-1 + СХ-к (Скарб, Рагнеда и Вектар), для клубней сорта Бриз при хранении их насыпью (СХ-н), с выходом товарного картофеля 0,979; 0,958; 0,969 и 0,977 т/т соответственно.

Материальные затраты на хранение клубней продовольственного картофеля не зависели от ширины междурядий при возделывании, существенное влияние оказали условия и способ хранения. Хранение клубней в условиях ТХ-1 обеспечило снижение затрат на 0,003 тыс. руб/т, которые составили 0,132 и 0,145 тыс. руб/т в варианте – СХ-н и СХ-к соответственно, тогда как в условиях ТХ-2 – 0,135 и 0,148 тыс. руб/т соответственно. При контейнерном способе хранения затраты были на 0,013 тыс. руб/т выше, прежде всего это связано с более трудоемкой и затратной закладкой клубней на хранение (передвижением контейнеров), стоимостью, ремонтом и дезинфекцией контейнеров и т. д.

Себестоимость производства продовольственного картофеля после хранения в пределах одного сорта составила: Бриз – 0,324–0,390 тыс. руб/т; Скарб – 0,331–0,408, Рагнеда – 0,323–0,400 и Вектар – 0,335–0,410 тыс. руб/т. Наименьшая она была в варианте ТВ-90 + ТХ-1 + СХ-4 для всех сортов, а наибольшая – ТВ-75 + ТХ-2 + СХ-к (Бриз, Рагнеда и Вектар) и СХ-н (Скарб). Независимо от ТХ и СХ увеличение ширины междурядий с 75 до 90 см снизило себестоимость от 0,034 тыс. руб/т (Рагнеда и Вектар) до 0,042 тыс. руб/т (Скарб). Использование центробежных вентиляторов (ТХ-1) при хранении картофеля без учета ТВ и СХ снизило себестоимость от 0,012 тыс. руб/т (Бриз) до 0,028 тыс. руб/т (Вектар), у сортов Скарб и Рагнеда – на 0,021 и 0,023 тыс. руб/т соответственно.

Выручка от реализации картофеля весной (при цене 0,537 тыс. руб/т) зависела от выхода сохранившегося картофеля и составила: Бриз 0,513–0,524 тыс. руб/т; Скарб – 0,518–0,526; Рагнеда – 0,499–0,514 и Вектар 0,512–0,520 тыс. руб/т. Максимальная была получена в вариантах ТВ-90 + ТХ-1 + СХ-н (Скарб) и ТВ-90 + ТХ-1 + СХ-к (Бриз, Рагнеда и Вектар). Применение в период хранения систем активного вентилирования 5-го ТУ (ТХ-1) независимо от ТВ и СХ обеспечило получение более высокой денежной выручки – от 0,005 тыс. руб/т (Скарб) до 0,010 тыс. руб/т (Рагнеда), у сортов Бриз и Вектар – на 0,008 и 0,006 тыс. руб/т соответственно.

**РАЗДЕЛ 2. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА,
ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩЕЙ**

Таблица 1 – Показатели экономической эффективности производства продовольственного картофеля в зависимости от сорта, ширины междурядий, условий и способов хранения, 2017–2020 гг.

Сорт (А)	Технология возделывания (В)	Условия хранения клубней (С)	Способ хранения (D)	Урожайность, т/га	Затраты на выращивание, тыс. руб/га	Себестоимость (осень), тыс. руб/т	Рентабельность возделывания, %	Потери за период хранения, %	Выход сохранившегося картофеля, т/т	Затраты на хранение тыс. руб/т	Себестоимость после хранения, тыс. руб/т	Цена реализации весной, тыс. руб/т	Выручка от реализации весной, тыс. руб/т	Прибыль, тыс. руб/т	Рентабельность производства 1 т, %
75	ТХ-1	Н	Н	51,72	11,73	0,227	57,22	2,77	0,972	0,132	0,359	0,537	0,522	0,163	45,34
			К	52,12	11,73	0,225	58,43	2,78	0,972	0,145	0,370	0,537	0,522	0,152	41,00
	ТХ-2	Н	50,58	11,73	0,232	53,74	4,48	0,955	0,135	0,367	0,537	0,513	0,146	39,72	
		К	48,54	11,73	0,242	47,55	4,29	0,957	0,148	0,390	0,537	0,514	0,124	31,75	
90	Среднее по ТВ-75	Н	50,74	11,73	0,232	54,24	3,58	0,964	0,140	0,372	0,537	0,518	0,146	39,45	
		К	54,00	10,36	0,192	85,91	3,05	0,969	0,132	0,324	0,537	0,521	0,197	60,79	
	ТХ-1	Н	54,06	10,36	0,192	86,11	2,34	0,977	0,145	0,337	0,537	0,524	0,188	55,71	
		К	52,87	10,36	0,196	82,03	4,46	0,955	0,135	0,331	0,537	0,513	0,182	54,98	
75	Среднее по ТВ-90	Н	51,25	10,36	0,202	76,45	4,16	0,958	0,148	0,350	0,537	0,515	0,164	46,83	
		К	53,05	10,36	0,196	82,63	3,50	0,965	0,140	0,336	0,537	0,518	0,183	54,58	
	Среднее по ТХ-1	Н	52,98	11,05	0,209	71,92	2,74	0,973	0,139	0,348	0,537	0,522	0,175	50,71	
		К	50,81	11,05	0,218	64,94	4,35	0,956	0,142	0,360	0,537	0,514	0,154	43,32	
90	Среднее по ТХ-2	Н	50,36	11,73	0,233	53,09	2,20	0,978	0,132	0,365	0,537	0,525	0,160	43,75	
		К	49,56	11,73	0,237	50,64	2,33	0,977	0,145	0,382	0,537	0,524	0,143	37,33	
	ТХ-1	Н	42,96	11,73	0,273	30,60	3,49	0,965	0,135	0,408	0,537	0,518	0,110	26,95	
		К	46,19	11,73	0,254	40,41	3,03	0,970	0,148	0,402	0,537	0,521	0,118	19,41	
Среднее по ТВ-75	ТХ-2	Н	47,27	11,73	0,249	43,69	2,76	0,973	0,140	0,389	0,537	0,522	0,133	34,36	
		К	51,98	10,36	0,199	78,96	2,09	0,979	0,132	0,331	0,537	0,526	0,195	58,74	
	ТХ-1	Н	49,63	10,36	0,209	70,85	2,81	0,972	0,145	0,354	0,537	0,522	0,168	47,47	
		К	48,65	10,36	0,213	67,49	3,30	0,967	0,135	0,348	0,537	0,519	0,171	49,19	
Среднее по ТВ-90	ТХ-2	Н	49,82	10,36	0,208	71,51	3,34	0,967	0,148	0,356	0,537	0,519	0,163	45,67	
		К	50,02	10,36	0,207	72,20	2,89	0,971	0,140	0,347	0,537	0,522	0,174	50,27	
	Среднее по ТХ-1	Н	50,38	11,05	0,220	63,39	2,36	0,977	0,139	0,358	0,537	0,524	0,167	46,82	
		К	46,91	11,05	0,237	52,50	3,29	0,967	0,142	0,379	0,537	0,519	0,141	37,81	

**РАЗДЕЛ 2. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА,
ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩЕЙ**

Окончание таблицы 1

Сорт (А)	Технология возделывания (В)	Условия хранения клубней (С)	Способ хранения (D)	Урожайность, т/га	Затраты на выращивание, тыс. руб/га	Себестоимость (осень), тыс. руб/т	Рентабельность возделывания, %	Потери за период хранения, %	Выход сохраняющегося картофеля, т/т	Затраты на хранение, тыс. руб/т	Себестоимость после хранения, тыс. руб/т	Цена реализации весной, тыс. руб/т	Выручка от реализации весной, тыс. руб/т	Прибыль, тыс. руб/т	Рентабельность производства, %	
75	ТХ-1	Н	Н	55,21	11,73	0,213	67,84	4,64	0,954	0,132	0,345	0,537	0,512	0,167	48,48	
			К	48,79	11,73	0,241	48,30	4,32	0,957	0,145	0,386	0,537	0,514	0,128	33,23	
	ТХ-2	Н	Н	48,36	11,73	0,243	47,00	7,02	0,930	0,135	0,378	0,537	0,499	0,122	32,18	
			К	46,54	11,73	0,252	41,46	6,28	0,937	0,148	0,400	0,537	0,503	0,103	25,66	
	90	Среднее по ТВ-75	Н	Н	49,73	11,73	0,237	51,15	5,57	0,945	0,140	0,377	0,537	0,507	0,130	34,89
				К	54,16	10,36	0,191	86,46	4,47	0,955	0,132	0,323	0,537	0,513	0,190	58,72
			ТХ-1	К	52,77	10,36	0,196	81,66	4,23	0,958	0,145	0,341	0,537	0,514	0,173	50,60
				Н	48,97	10,36	0,212	68,58	6,04	0,940	0,135	0,347	0,537	0,505	0,158	45,53
	ТХ-2	К	К	48,33	10,36	0,214	66,38	5,53	0,945	0,148	0,363	0,537	0,507	0,145	39,86	
			Н	51,06	10,36	0,203	75,77	5,07	0,950	0,140	0,344	0,537	0,510	0,167	48,68	
75	Среднее по ТХ-1	Н	Н	52,73	11,05	0,210	71,07	4,42	0,956	0,139	0,349	0,537	0,513	0,165	47,76	
			К	48,05	11,05	0,230	55,86	6,22	0,938	0,142	0,372	0,537	0,504	0,132	35,81	
	Среднее по ТХ-2	Н	Н	51,54	11,73	0,228	58,13	3,67	0,963	0,132	0,358	0,537	0,517	0,159	44,59	
			К	48,38	11,73	0,243	48,44	3,60	0,964	0,145	0,393	0,537	0,518	0,125	31,88	
	ТХ-1	Н	Н	43,94	11,73	0,267	34,82	4,74	0,953	0,135	0,407	0,537	0,512	0,105	25,73	
			К	45,06	11,73	0,260	38,25	4,39	0,956	0,148	0,410	0,537	0,513	0,103	25,09	
90	Среднее по ТВ-75	Н	Н	47,23	11,73	0,250	44,91	4,10	0,959	0,140	0,392	0,537	0,515	0,123	31,82	
			К	50,45	10,36	0,205	75,31	3,32	0,967	0,132	0,335	0,537	0,519	0,184	54,85	
		ТХ-1	К	49,97	10,36	0,207	73,64	3,09	0,969	0,145	0,357	0,537	0,520	0,163	45,62	
			Н	46,10	10,36	0,225	60,19	4,55	0,954	0,135	0,365	0,537	0,512	0,148	40,46	
90	Среднее по ТВ-90	К	К	46,30	10,36	0,224	60,89	4,60	0,954	0,148	0,374	0,537	0,512	0,139	37,07	
			Н	48,21	10,36	0,215	67,51	3,89	0,961	0,140	0,358	0,537	0,516	0,159	44,50	
			Среднее по ТХ-1	Н	50,09	11,05	0,221	63,88	3,42	0,966	0,139	0,361	0,537	0,519	0,158	44,24
Среднее по ТХ-2	Н	45,35	11,05	0,244	48,54	4,57	0,954	0,142	0,389	0,537	0,512	0,124	32,09			

**РАЗДЕЛ 2. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА,
ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩЕЙ**

Прибыль от реализации продовольственного картофеля в весенний период существенно зависела от сорта и варианта опыта и составила: Бриз – 0,124–0,197 тыс. руб/т; Скарб – 0,110–0,195; Рагнеда – 0,103–0,190 и Вектар – 0,103–0,184 тыс. руб/т. Максимальная прибыль была получена в варианте ТВ-90 + ТХ-1 + СХ-н у всех исследуемых сортов, а минимальная – в вариантах ТВ-75 + ТХ-2 + СХ-н (Скарб) и ТВ-75 + ТХ-2 + СХ-н (Бриз, Рагнеда и Вектар). При изменении ширины междурядий с 75 до 90 см без учета других факторов установлено повышение прибыли от 0,036 тыс. руб/т (Вектар) до 0,042 тыс. руб/т (Скарб), у сортов Бриз и Рагнеда – на 0,037 тыс. руб/т. В вариантах ТХ-1 независимо от ТВ и СХ прибыль была выше от 0,021 тыс. руб/т (Бриз) до 0,034 тыс. руб/т (Вектар), у сортов Скарб и Рагнеда – 0,026 и 0,033 тыс. руб/т соответственно.

Таким образом, рентабельность производства 1 т продовольственного картофеля существенно зависела не только от сорта, но и от других исследуемых факторов. Наиболее рентабельным было выращивание клубней при ширине междурядий 90 см и их хранение в условиях применения систем вентилирования 5-го ТУ. В пределах одного сорта рентабельность производства изменялась для сорта Бриз в пределах 31,75–60,79 %; Скарб – 26,95–58,74; Рагнеда – 25,66–58,72 и Вектар 25,09–54,85 %. Максимальная рентабельность была отмечена в варианте ТВ-90 + ТХ-1 + СХ-н, а минимальная – в вариантах ТВ-75 + ТХ-2 + СХ-н (Скарб) и ТВ-75 + ТХ-2 + СХ-к (Бриз, Рагнеда и Вектар). Увеличение ширины междурядий с 75 до 90 см независимо от ТХ и СХ обеспечило повышение рентабельности производства картофеля от 12,68 % (Вектар) до 15,91 % (Скарб), у сортов Бриз и Рагнеда – на 15,13 и 13,79 % соответственно. Применение в период хранения центробежных вентиляторов 5-го ТУ (ТХ-1) без учета факторов ТВ и СХ увеличило рентабельность от 7,39 % (Бриз) до 12,15 % (Вектар), у сортов Скарб и Рагнеда – на 9,02 и 11,95 % соответственно. Хранение клубней картофеля насыпью обеспечило более высокую рентабельность, которая изменялась от 25,73 % (Вектар + ТВ-75 + ТХ-2) до 60,79 % (Бриз + ТВ-90 + ТХ-1), а при хранении в контейнерах – от 25,09 % (Вектар + ТВ-75 + ТХ-2) до 55,71 % (Бриз + ТВ-90 + ТХ-1) (см. табл. 1).

Рентабельность производства продовольственного картофеля зависела от сорта. Независимо от ТВ, ТХ, СХ и условий года себестоимость 1 т картофеля при материальных затратах 11,05 тыс. руб/га варьировала от 0,213 тыс. руб/т (Бриз) до 0,232 тыс. руб/т (Вектар) и напрямую зависела от урожайности, которая находилась в диапазоне от 47,72 т/га (Вектар) до 51,89 т/га (Бриз). Максимальная рентабельность возделывания картофеля была у сорта Бриз – 68,43 %, минимальная – у сорта Вектар – 56,21 %. За период длительного хранения наибольшие потери клубней были у сорта Рагнеда – 5,32 %, наименьшие – у сорта Скарб – 2,83 % с выходом сохранившегося картофеля 0,947 и 0,972 т/т соответственно. В среднем по опыту затраты на хранение составили 0,141 тыс. руб/т. Себестоимость картофеля изменялась от 0,354 тыс. руб/т (Бриз) до 0,375 тыс. руб/т (Вектар). Выручка от реализации картофеля (при цене реализации 0,537 тыс. руб/т) варьировала от 0,508 тыс. руб/т (Рагнеда) до 0,522 тыс. руб/т (Скарб). Прибыль производства картофеля находилась в диапазоне от 0,141 до 0,164 тыс. руб/т у сортов Вектар и Бриз, у сортов Скарб и Рагнеда – 0,153 и 0,148 тыс. руб/т соответственно. Максимальная рентабельность производства продовольственного картофеля была у сорта Бриз – 47,02 %, минимальная – у сорта Вектар – 38,16, у сортов Скарб и Рагнеда – 42,31 и 41,78 % соответственно (табл. 2).

Возделывание картофеля с шириной междурядий 90 см, независимо от других исследуемых факторов, обеспечило снижение затрат на выращивание на 1,37 тыс. руб/га до 10,36 тыс. руб/га, а при ТВ-75 они были на уровне 11,73 тыс. руб/га. Себестоимость при ТВ-75 была 0,242 тыс. руб/т, что на 0,037 тыс. руб/т больше, чем при

**РАЗДЕЛ 2. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА,
ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩЕЙ**

Таблица 2 – Показатели экономической эффективности производства продовольственного картофеля в зависимости от сорта, технологии возделывания, условий и способов хранения, условий года, 2017–2020 гг.

Изучаемый фактор	Урожайность, т/га	Загрязнения, тыс. руб/га	Себестоимость (осень), тыс. руб/т	Рентабельность возделывания, %	Потери за период хранения, %	Выход сохранившегося картофеля, т/т	Загрязнения, тыс. руб/т	Себестоимость после хранения, тыс. руб/т	Цена реализации весной, тыс. руб/т	Выручка от реализации весной, тыс. руб/т	Прибыль, тыс. руб/т	Рентабельность производства 1 т, %
Фактор А – сорт												
Бриз	51,89	11,05	0,213	68,43	3,54	0,965	0,141	0,354	0,537	0,518	0,164	47,02
Скарб	48,64	11,05	0,228	57,94	2,83	0,972	0,141	0,368	0,537	0,522	0,153	42,31
Рагнеда	50,39	11,05	0,220	63,46	5,32	0,947	0,141	0,360	0,537	0,508	0,148	41,78
Вектар	47,72	11,05	0,232	56,21	4,00	0,960	0,141	0,375	0,537	0,516	0,141	38,16
Фактор В – технология возделывания (ширина междурядий, см)												
ТВ-75	48,74	11,73	0,242	48,50	4,00	0,960	0,141	0,384	0,537	0,516	0,133	35,13
ТВ-90	50,58	10,36	0,205	74,53	3,84	0,962	0,141	0,346	0,537	0,516	0,170	49,51
Фактор С – технология хранения (условия хранения семенного картофеля)												
ТХ-1	51,54	11,05	0,215	67,56	3,23	0,968	0,139	0,354	0,537	0,520	0,166	47,38
ТХ-2	47,78	11,05	0,232	55,46	4,61	0,954	0,143	0,375	0,537	0,512	0,137	37,26
Фактор D – способ хранения												
СХ-н	50,12	11,05	0,222	62,96	4,02	0,960	0,134	0,356	0,537	0,515	0,160	45,62
СХ-к	49,21	11,05	0,225	60,06	3,82	0,962	0,148	0,373	0,537	0,516	0,144	39,01
Фактор E – год (условия года)												
2017–2018 гг.	50,05	9,97	0,201	61,46	4,34	0,957	0,120	0,318	0,470	0,450	0,132	42,46
2018–2019 гг.	56,56	11,14	0,198	83,44	3,40	0,966	0,140	0,341	0,540	0,522	0,180	53,28
2019–2020 гг.	42,37	12,03	0,287	38,31	4,03	0,960	0,160	0,447	0,600	0,576	0,129	29,84

**РАЗДЕЛ 2. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА,
ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩЕЙ**

ТВ-90 (0,205 тыс. руб/т). Рентабельность выращивания при ТВ-90 составила 74,53 %, что на 26,03 % выше, чем при ТВ-75 (48,50 %). Себестоимость 1 т картофеля была ниже на 0,038 тыс. руб/т при ТВ-90 (0,346 тыс. руб/т), при ТВ-75 – 0,384 тыс. руб/т. Выручка от реализации картофеля (при цене 0,537 тыс. руб/т) не отличалась, а прибыль на 0,037 тыс. руб/т была больше при ширине междурядий 90 см (0,170 тыс. руб/т). При ТВ-75 она составила 0,133 тыс. руб/т. Рентабельность производства 1 т продовольственного картофеля была на 14,38 % выше при ТВ-90 (49,51 %), чем при ТВ-75 (35,13 %).

Хранение клубней в условиях ТХ-1 (применение систем вентилирования 5-го технологического уклада) без учета других факторов обеспечило прибавку урожая на 3,76 т/га до 51,54 т/га (при ТХ-2 урожайность составила 47,78 т/га). Себестоимость картофеля осенью была ниже на 0,017 тыс. руб/т (0,215 тыс. руб/т) в вариантах ТХ-1, в условиях ТХ-2 – 0,232 тыс. руб/т при затратах 11,05 тыс. руб/га. Рентабельность возделывания картофеля была выше в варианте ТХ-1 (67,56 %), что на 12,10 % больше, чем в условиях ТХ-2 (55,46 %). Выход сохранившегося картофеля был выше в условиях ТХ-1 на 0,014 т (0,968 т/т), а в условиях ТХ-2 – 0,954 т/т. Затраты на хранение составили 0,139 тыс. руб/т в условиях ТХ-1 и 0,148 тыс. руб/т в условиях ТХ-2. Себестоимость картофеля была ниже в варианте ТХ-1 – 0,354 тыс. руб/т, а в условиях ТХ-2 на 0,021 тыс. руб/т больше – 0,375 тыс. руб/т. Выручка от реализации картофеля (по цене – 0,537 тыс. руб/т) составила 0,520 тыс. руб/т (ТХ-1) и 0,512 (ТХ-2) тыс. руб/т, а прибыль – 0,166 и 0,137 тыс. руб/т соответственно. Применение систем вентиляции 5-го ТУ (ТХ-1) увеличило рентабельность производства продовольственного картофеля на 10,12 % (47,38 %), а в условиях ТХ-2 она составила 37,26 %.

Способ хранения не оказал существенного влияния на урожайность и себестоимость выращенного урожая, рентабельность выращивания была выше в варианте СХ-н на 2,90 % (62,96 %), а в условиях СХ-к она составила 60,06 %. При контейнерном способе хранения потери клубней были ниже на 0,20 % и составили 3,82 %, а в варианте СХ-н – 4,02 %, следовательно, выход сохранившегося картофеля был больше при СХ-к на 0,002 т/т. Затраты на хранение были выше при СХ-к на 0,014 тыс. руб/т (0,148 тыс. руб/т), при СХ-н составили 0,134 тыс. руб/т. Сохранность картофеля при СХ-к была выше, но это не снизило себестоимости картофеля, которая была на 0,017 тыс. руб/т больше (0,373 тыс. руб/т), чем при СХ-н (0,356 тыс. руб/т). Выручка от реализации картофеля была выше на 0,001 тыс. руб/т при СХ-к – 0,516 тыс. руб/т, а при СХ-н – 0,515 тыс. руб/т. Прибыль, наоборот, была выше в варианте СХ-н на 0,016 тыс. руб/т (0,160 тыс. руб/т), при СХ-к – 0,144 тыс. руб/т. Рентабельность производства картофеля была ниже при хранении клубней в контейнерах на 6,61 % (39,01 %), при СХ-н – 45,62 %.

Существенное влияние на рентабельность производства картофеля оказали условия года. Себестоимость выращенного картофеля изменялась от 0,198 тыс. руб/т (2019 г.) до 0,287 тыс. руб/т (2020 г.), а рентабельность – от 38,31 % (2020 г.) до 83,44 % (2019 г.), а в 2018 г. составила 61,46 %. Наибольший выход сохранившегося картофеля был в сезон хранения 2018–2019 гг. – 0,966 т/т, наименьший – в 2017–2018 гг. – 0,957 т/т. Затраты на хранение клубней варьировали от 0,12 тыс. руб/т (2017–2018 гг.) до 0,16 тыс. руб/т (2019–2020 гг.), в сезон 2018–2019 гг. составили 0,14 тыс. руб/т. Наименьшая себестоимость сохранившегося картофеля была в 2017–2018 гг. – 0,318 тыс. руб/т, а наибольшая в 2019–2020 гг. – 0,447 тыс. руб/т. Цена реализации существенно отличалась по годам, минимальной была в 2018 г. – 0,470 тыс. руб/т, максимальной в 2020 г. – 0,600 тыс. руб/т. С учетом цены и выхода сохранившегося картофеля максимальная выручка от его реализации была в 2020 г. – 0,576 тыс. руб/т, минимальная в 2018 г. – 0,450 тыс. руб/т. Прибыль варьировала от 0,129 тыс. руб/т в 2020 г. до 0,180 тыс. руб/т в 2018 г. Производство

продовольственного картофеля наиболее эффективно было в 2019 г., рентабельность составила 53,28 %, менее эффективно в 2020 г. – 29,84, а в 2018 г. рентабельность была на уровне 42,46 %.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, себестоимость производства продовольственного картофеля изменялась в пределах от 0,323 тыс. руб/т (Рагнеда) до 0,410 тыс. руб/т (Вектар).

Рентабельность производства находилась в диапазоне от 25,09 % (Вектар) до 60,79 % (Бриз), максимальная была отмечена в варианте ТВ-90 + ТХ-1 + СХ-н, а минимальная – в вариантах ТВ-75 + ТХ-2 + СХ-н (Скарб) и ТВ-75 + ТХ-2 + СХ-к (Бриз, Рагнеда и Вектар). Увеличение ширины междурядий с 75 до 90 см независимо от ТХ и СХ повысило рентабельность производства картофеля от 12,68 % (Вектар) до 15,91 % (Скарб). Применение в период хранения центробежных вентиляторов 5-го технологического уклада без учета факторов ТВ и СХ увеличило рентабельность по сортам от 7,39 % (Бриз) до 12,15 % (Вектар). Независимо от ТВ, ТХ, СХ и условий года максимальная рентабельность была у сорта Бриз – 47,02 %, минимальная у сорта Вектар – 38,16 %.

Рентабельность возделывания картофеля с шириной междурядий 90 см независимо от других факторов была выше на 14,38 % (49,51 %), чем при ширине 75 см (35,13 %). Применение систем активного вентилирования 5-го ТУ без учета влияния других факторов повысило рентабельность на 10,12 % (47,38 %), в условиях использования оборудования 3–4-го ТУ она составляла 37,26 %.

Хранение клубней картофеля в контейнерах вело к снижению рентабельности на 6,61 % (39,01 %) по сравнению с хранением насыпью (45,62 %).

Существенное влияние на производство продовольственного картофеля оказали условия года, наиболее эффективно оно было в 2019 г. – 53,28 %, менее эффективно в 2020 г. – 29,84, в 2018 г. находилась на уровне 42,46 %.

Список литературы

1. Технологии хранения картофеля / К. А. Пшеченков [и др.] ; Рос. акад. с.-х. наук, Всерос. науч.-исслед. ин-т картоф. хоз-ва им. А. Г. Лорха, Московский гос. ун-т им. М. В. Ломоносова. – [б. м.] : Картофелевод, 2007. – 191 с.
2. Картофель России / под ред. А. В. Коршунова. – М. : Достижения науки и техники АПК, 2003. – С. 384–427.
3. Картофель / под ред. Н. А. Дорожкина. – Минск : Ураджай, 1972. – 448 с.
4. Банадысев, С. А. Хранение семенного картофеля / С. А. Банадысев. – М. : КнигИздат, 2020. – 292 с.
5. Картофель (возделывание, уборка, хранение) / Д. Шпаар [и др.] ; ред. Д. Шпаар. – 4-е изд., дораб. и доп. – М. : Агродело, 2007. – 457 с.
6. Современные технологии хранения картофеля (практические рекомендации). – М. : ФГНУ «Росинформагротех», 2004. – 56 с.
7. Организационно-технологические нормативы возделывания сельскохозяйственных культур : сб. отраслевых регламентов / Ин-т аграр. экономики НАН Беларуси ; рук. разраб. В. Г. Гусаков [и др.]. – Минск : Белорус. наука, 2005. – 460 с.
8. Методические рекомендации по специализированной оценке сортов картофеля / С. А. Банадысев [и др.] ; М-во сел. хоз-ва и прод. Респ. Беларусь. – Минск : [б. и.], 2003. – 71 с.
9. Методика исследований по культуре картофеля / НИИ картоф. хоз-ва ; редкол.: Н. С. Бацанов [и др.]. – М., 1967. – 265 с.

10. Система организации внедрения завершенных научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в АПК. Методы оценки эффективности научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ на стадии их планирования и завершения / М. М. Севернев [и др.] ; М-во с. х. и прод. Респ. Беларусь, Акад. аграр. наук Респ. Беларусь. – Минск : [б. и.], 1999. – С. 39–82.

11. Методика определения экономической эффективности использования в сельском хозяйстве результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, новой техники, изобретений и рационализаторских предложений / МСХ СССР ВАСХНИЛ. – М. : ВНИИПИ, 1983. – 149 с.

12. Методика биоэнергетической оценки в картофелеводстве / Б. П. Литун [и др.]. – М. : ВНИИКХ Россельхозакадемии, 2000. – 30 с.

Поступила в редакцию 07.12.2023 г.

V. A. SERDYUKOV, V. L. MAKHANKO

ECONOMIC EFFICIENCY OF PRODUCTION OF WARE POTATOES IN THE CONDITIONS OF THE CENTRAL ZONE OF BELARUS

SUMMARY

The results of studies of the influence of planting width (75 and 90 cm), conditions (the use of aeration systems of the 3rd–4th and 5th technological modes) and storage methods (in bulks and containers) of potato tubers on the indicators of economic efficiency of ware potato production are presented.

The cost of production of ware potatoes has changed for Briz variety – 0.324–0.390 thousand rubles/t; Scarb – 0.331–0.408; Ragneda – 0.323–0.400 and Vektar – 0.335–0.410 thousand rubles/t.

The profitability of potato production by variety was: Briz – 31.75–60.79 %; Scarb – 26.95–58.74 %; Ragneda – 25.66–58.72 % and Vektar 25.09–54.85 % The maximum profitability was noted in the variant TV-90 + TX-1 + CX-н, and the minimum in the variants TV-75 + TX-2 + CX-н (Scarb) and TV-75 + TX-2 + CX-к (Briz, Ragneda and Vektar).

Increasing the planting width from 75 to 90 cm, regardless of technology and storage method, increased the profitability of potato production from 12.68 % (Vektar) to 15.91 % (Scarb).

The use of radial fans of the 5th technological mode during the storage period, regardless of the cultivation technology and storage method, increased the profitability of the varieties from 7.39 % (Briz) to 12.15 % (Vektar).

Key words: ware potato; variety; economic efficiency; self-cost; profitability.

УДК 635.21:631.543.81:631.563

В. А. Сердюков, научный сотрудник

В. Л. Маханько, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,
генеральный директор

Д. Д. Фицуру, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий
лабораторией технологий производства и хранения картофеля

РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук
Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству»,
аг. Самохваловичи, Минский район

ВЛИЯНИЕ ШИРИНЫ МЕЖДУРЯДИЙ, УСЛОВИЙ И СПОСОБОВ ХРАНЕНИЯ КЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ НА УРОЖАЙНОСТЬ И ПОКАЗАТЕЛИ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ЕГО НА ПРОДОВОЛЬСТВЕННЫЕ ЦЕЛИ

РЕЗЮМЕ

Представлены результаты исследований влияния ширины междурядий (75 и 90 см), условий (применение систем активного вентилирования 3–4 и 5-го технологических укладов) и способов хранения (насыпью и контейнерный) клубней картофеля на урожайность и показатели экономической эффективности его выращивания на продовольственные цели.

Урожайность сортов изменялась в пределах: Бриз – 48,54–54,06 т/га; Скарб – 42,96–51,98; Рагнеда – 46,54–55,21 и Вектар – 43,94–51,54 т/га при средней урожайности по сортам 51,89; 48,64; 50,39 и 47,72 т/га соответственно.

Себестоимость единицы продукции зависела от сорта и составила: Бриз – 0,192–0,242 тыс. руб/т; Скарб – 0,199–0,273; Рагнеда – 0,191–0,252 и Вектар – 0,205–0,267 тыс. руб/т, при средней по сортам 0,214; 0,228; 0,220 и 0,232 тыс. руб/т. Наименьшая себестоимость была установлена в варианте ТВ-90 + ТХ-1 + СХ-н, а наибольшая – в варианте ТВ-75 + ТХ-2, способ хранения не повлиял на верхний предел.

Рентабельность выращивания картофеля зависела от сорта и других исследуемых факторов и изменялась в пределах: Бриз – 47,55–85,91 %; Скарб – 30,60–78,96; Рагнеда – 41,46–86,46 и Вектар – 34,82–75,31 %, в среднем по сортам составила 68,43; 57,94; 63,46 и 56,21% соответственно.

Ключевые слова: картофель; сорт; ширина междурядий; условия и способ хранения; урожайность; экономическая эффективность.

ВВЕДЕНИЕ

Развитие картофелеводства во многом зависит от экономической эффективности отрасли. Одним из главных экономических показателей в производстве картофеля является себестоимость выращенного урожая [1]. Несмотря на широкое внедрение в хозяйствах республики комплексной механизации возделывания картофеля, отдельные операции технологического процесса требуют больших затрат труда, что увеличивает себестоимость продукции [2].

Современные технологии при производстве картофеля должны быть конкурентоспособными, обеспечивать высокую урожайность и сопровождаться экономической

оценкой. В связи с этим актуальным является внедрение таких технологий в картофелеводстве, устойчивое развитие которого возможно лишь при комплексной реализации достижений биологической науки, техники и технологий, сопровождаемой совершенствованием организационно-экономических отношений [1, 3–5].

Целью наших исследований было определить влияние условий и способов хранения сортов картофеля на урожайность и показатели экономической эффективности при выращивании его с шириной междурядий 75 и 90 см на продовольственные цели.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Исследования проводились в лаборатории технологий производства и хранения картофеля РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству» в 2017–2020 гг.

В качестве объектов исследований выступили сорта картофеля белорусской селекции различных групп спелости, ширина междурядий, условия и способы хранения клубней картофеля.

Предметом исследования были урожайность и показатели экономической эффективности выращивания картофеля.

Проведен четырехфакторный опыт:

фактор А – сорт (Бриз, Скарб, Рагнеда и Вектар);

фактор В – ширина междурядий, ТВ (ТВ-75 – технология возделывания с шириной междурядий 75 см и ТВ-90 – технология возделывания с шириной междурядий 90 см);

фактор С – технология (условия) хранения, ТХ (ТХ-1 – применение систем вентилирования 5-го технологического уклада (далее – ТУ, оборудованы центробежными вентиляторами), ТХ-2 – применение систем вентилирования 3–4-го технологических укладов (оборудованы осевыми вентиляторами));

фактор D – способ хранения, СХ (СХ-н – насыпью, СХ-к – контейнерный).

Технология возделывания была общепринятой при выращивании картофеля с шириной междурядий 75 и 90 см [6].

Почва дерново-подзолистая среднесуглинистая. Основные элементы питания в почве находились на достаточном уровне для растений картофеля. Содержание гумуса варьировало от 1,85 до 2,22 %. Почва сильнокислая – от 3,40 до 4,50. Содержание подвижного фосфора и калия отличалось по годам, самое низкое было в 2019 г. – 220,30 и 276,30 мг/кг соответственно, а максимум зафиксирован в 2018 г. – 419,20 и 387,60 мг/кг соответственно (табл. 1).

Метеорологические условия во время проведения исследований были нестабильны и отличались по годам, что позволило достоверно оценить их влияние на урожайность (рис. 1 и 2).

Среднесуточная температура воздуха в мае 2018 и 2019 гг. была выше среднесезонной на 3,5 и 0,4 °С соответственно, а в 2020 г. – ниже на 1,7 °С. Осадков выпало ниже нормы, меньше всего их было в 2018 г. Температура в июне повысилась до 17,6 °С (2018 г.),

Таблица 1 – Агрохимические показатели дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы (аг. Самохваловичи Минского района), 2018–2020 гг.

Показатели	2018 г.	2019 г.	2020 г.	Среднее
Гумус, %	1,98	2,22	1,85	2,02
рН в КСl	4,40	3,40	4,50	4,10
P ₂ O ₅ , мг/кг	419,20	220,30	326,00	321,83
K ₂ O, мг/кг	387,60	276,30	337,30	333,73

РАЗДЕЛ 2. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА,
ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩЕЙ

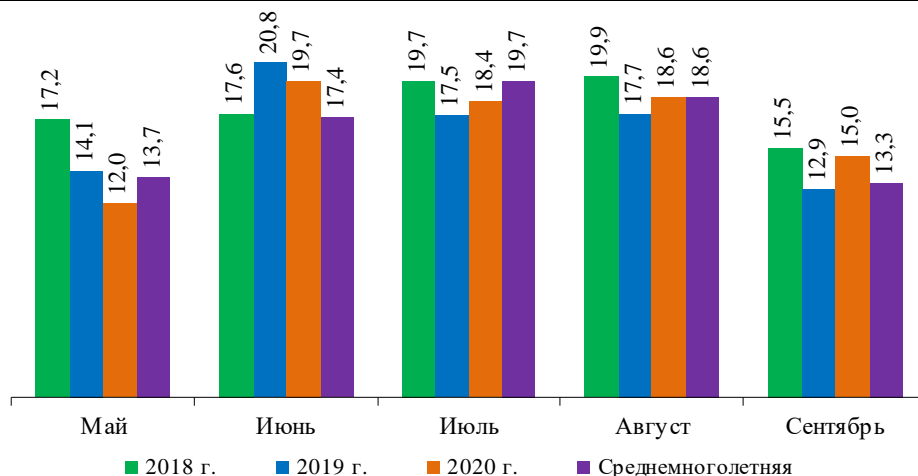


Рисунок 1 – Среднесуточная температура воздуха по месяцам за 2018–2020 гг., °С (агрометеостанция «Минск», аг. Самохваловичи Минского района)

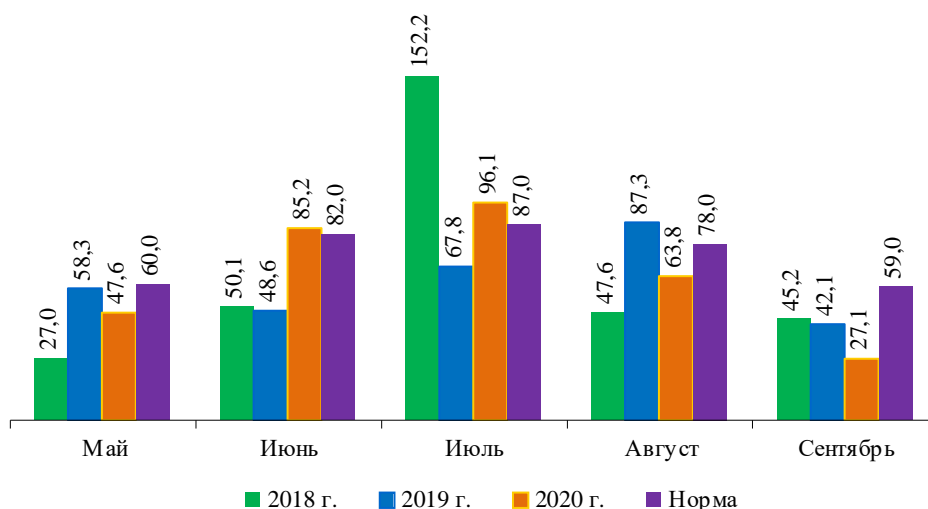


Рисунок 2 – Количество осадков по месяцам за 2018–2020 гг., мм (агрометеостанция «Минск», аг. Самохваловичи Минского района)

20,8 (2019 г.) и 17,4 °С (2020 г.), что выше среднегодового значения. Осадки в 2018 и 2019 гг. составили 50,1 и 48,6 мм соответственно при норме 82,0 мм. В 2020 г. количество осадков превысило норму на 3,2 мм (85,2 мм). Среднесуточная температура воздуха в июле 2018 г. была на уровне среднегодовой – 19,7 °С, в 2019 и 2020 гг. было прохладнее – 17,5 и 18,4 °С соответственно. Количество осадков в июле 2018 г. превысило норму в 1,75 раза (152,2 мм при норме 87,0 мм); в 2020 г. – на 9,1 мм. В 2019 г. осадков выпало ниже нормы на 19,2 мм (67,8 мм). Самая высокая среднесуточная температура воздуха в августе отмечена в 2018 г. – 19,9 °С, что на 1,3 °С выше среднегодовой. В 2020 г. она была на уровне среднегодовой, а в 2019 г. – ниже на 0,9 °С. Количество выпавших осадков было ниже нормы в 2018 и 2020 гг. (47,6 и 63,8 мм при норме 78,0 мм); в 2019 г. – выше нормы на 9,3 мм (87,3 мм). Температура воздуха в сентябре 2018 и 2020 гг. превысила среднегодовое значение на 2,2 и 1,7 °С соответственно.

В 2019 г. месяц был более прохладный – 12,9 °С. За годы исследований сентябрь был сухим, количество выпавших осадков не превышало норму (см. рис. 2).

Исследования выполняли согласно «Методическим рекомендациям по специализированной оценке сортов картофеля» [7], экономическую эффективность определяли по методам М. М. Севернева [8], ВНИИПИ [9], «Методике биоэнергетической оценки в картофелеводстве» [10], «Методике исследований по культуре картофеля» [11]. Расчет экономической эффективности проведен по фактическим ценам закупки в год исследования (по состоянию на 01.11).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В результате проведенных исследований установлено, что урожайность и экономические показатели исследуемых сортов существенно зависели от сорта, технологии возделывания (ширины междурядий), технологии хранения (условий). Четкой закономерности влияния способа хранения на изучаемые показатели не выявлено (табл. 2).

Общая урожайность сортов картофеля изменялась в пределах: Бриз – 48,54–54,06 т/га; Скарб – 42,96–51,98; Рагнеда – 46,54–55,21 и Вектар – 43,94–51,54 т/га, средняя урожайность по сорту составила 51,89; 48,64; 50,39 и 47,72 т/га соответственно. Увеличение ширины междурядий с 75 до 90 см повысило урожайность картофеля от 0,97 т/га (Вектар) до 2,75 т/га (Скарб), а у сортов Бриз и Рагнеда – на 2,31 и 1,33 т/га соответственно. Применение систем активного вентилирования 5-го технологического уклада (ТХ-1) вело к повышению урожайности от 2,17 т/га (Бриз) до 4,74 т/га (Вектар) в период хранения.

Товарность картофеля зависела от сорта и ширины междурядий. Больше всего товарных клубней было установлено у сортов Бриз (84,01–88,79 %) и Скарб (84,71–88,72), меньше – у сортов Рагнеда (75,53–81,27) и Вектар (79,02–82,54 %). Влияние ТХ и СХ было незначительно. При ТВ-90 товарность клубней в среднем была выше от 2,73 % (Вектар) до 4,15 % (Рагнеда). Прежде всего, это связано с биологической особенностью сорта и устойчивостью клубней к механическим повреждениям. Клубни сортов Бриз и Скарб более устойчивы, чем Рагнеда и Вектар [12]. Условия хранения без учета других факторов существенного влияния на товарность клубней не оказали, но она была выше в варианте с применением центробежных вентиляторов (ТХ-1).

Товарная урожайность сортов Бриз и Скарб была выше, чем у сортов Рагнеда и Вектар, и в среднем составила 47,95; 45,89; 44,02 и 41,64 т/га изменялась в пределах 40,78–47,95; 36,75–45,89; 35,27–44,02 и 34,72–41,64 т/га по сортам соответственно. Важно отметить, что максимальная урожайность была получена в варианте ТВ-90 + СХ-1 + СХ-н у всех исследуемых сортов. Увеличение ширины с 75 до 90 см повысило урожайность от 2,08 т/га (Вектар) до 3,91 т/га (Бриз). Применение центробежных вентиляторов (ТХ-1) в период хранения увеличивало товарную урожайность от 2,25 т/га (Бриз) до 4,32 т/га (Рагнеда).

Общие затраты на возделывание картофеля при ТВ-75 составили 11,73 тыс. руб/га, что на 1,37 тыс. руб/га выше, чем при ТВ-90 (10,36 тыс. руб/га) (табл. 3).

Возделывание продовольственного картофеля при ширине междурядий 90 см обеспечило снижение затрат на его выращивание по статьям: семена – на 0,40 тыс. руб/га; ГСМ – 0,01; заработная плата – 0,27 и накладные расходы – на 0,69 тыс. руб/га.

Себестоимость единицы продукции зависела от сорта и варьировала в пределах: Бриз – 0,192–0,242 тыс. руб/т; Скарб – 0,199–0,273; Рагнеда – 0,191–0,252 и Вектар – 0,205–0,267 тыс. руб/т, при средней 0,214; 0,228; 0,220 и 0,232 тыс. руб/т по сортам соответственно. Наименьшая себестоимость была установлена в варианте ТВ-90 + ТХ-1 + СХ-н, а наибольшая – при ТВ-75 + ТХ-2. Увеличение ширины междурядий с 75 до 90 см

**РАЗДЕЛ 2. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА,
ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩЕЙ**

Таблица 2 – Урожайность и показатели экономической эффективности выращивания продовольственного картофеля в зависимости от сорта, ширины междурядий, условий и способов хранения, 2017–2020 гг.

Сорт (А)	Технология возделывания (В)	Условия хранения (С)	Способ хранения (D)	Урожайность, т/га	Товарность, %	Товарная урожайность, т/га	Затраты на выращивание, тыс. руб/га	Себестоимость, тыс. руб/т	Цена реализации осенью, тыс. руб/т	Выручка от реализации, тыс. руб/га	Прибыль, тыс. руб/га	Рентабельность возделывания, %
Бриз	75	ТХ-1	Н	51,72	84,37	43,64	11,73	0,227	0,36	18,447	6,713	57,22
			К	52,12	84,39	43,98	11,73	0,225	0,36	18,589	6,856	58,43
	ТХ-2	Н	50,58	84,10	42,54	11,73	0,232	0,36	18,039	6,306	53,74	
		К	48,54	84,01	40,78	11,73	0,242	0,36	17,313	5,579	47,55	
	90	ТХ-1	Н	54,00	88,79	47,95	10,36	0,192	0,36	19,260	8,900	85,91
			К	54,06	88,18	47,67	10,36	0,192	0,36	19,281	8,921	86,11
		ТХ-2	К	51,25	87,64	44,92	10,36	0,202	0,36	18,280	7,920	76,45
Скарб	75	ТХ-1	Н	50,36	85,57	43,10	11,73	0,233	0,36	17,963	6,230	53,09
			К	49,56	84,71	41,98	11,73	0,237	0,36	17,675	5,942	50,64
	ТХ-2	Н	42,96	85,54	36,75	11,73	0,273	0,36	15,324	3,590	30,60	
		К	46,19	85,23	39,37	11,73	0,254	0,36	16,474	4,741	40,41	
	90	ТХ-1	Н	51,98	88,28	45,89	10,36	0,199	0,36	18,541	8,181	78,96
			К	49,63	88,72	44,03	10,36	0,209	0,36	17,700	7,340	70,85
		ТХ-2	Н	48,65	87,71	42,67	10,36	0,213	0,36	17,352	6,992	67,49
			К	49,82	88,09	43,88	10,36	0,208	0,36	17,768	7,408	71,51
Рагнеда	75	ТХ-1	Н	55,21	77,45	42,76	11,73	0,213	0,36	19,693	7,959	67,84
			К	48,79	76,63	37,38	11,73	0,241	0,36	17,401	5,667	48,30
	ТХ-2	Н	48,36	75,53	36,53	11,73	0,243	0,36	17,248	5,515	47,00	
		К	46,54	75,80	35,27	11,73	0,252	0,36	16,598	4,865	41,46	
	90	ТХ-1	Н	54,16	81,27	44,02	10,36	0,191	0,36	19,317	8,957	86,46
			К	52,77	80,88	42,68	10,36	0,196	0,36	18,820	8,460	81,66
		ТХ-2	Н	48,97	79,84	39,09	10,36	0,212	0,36	17,465	7,105	68,58
			К	48,33	80,01	38,67	10,36	0,214	0,36	17,237	6,877	66,38
Вектар	75	ТХ-1	Н	51,54	79,98	41,22	11,73	0,228	0,36	18,554	6,821	58,13
			К	48,38	79,66	38,54	11,73	0,243	0,36	17,417	5,683	48,44
	ТХ-2	Н	43,94	79,02	34,72	11,73	0,267	0,36	15,818	4,085	34,82	
		К	45,06	79,42	35,79	11,73	0,260	0,36	16,222	4,488	38,25	
	90	ТХ-1	Н	50,45	82,54	41,64	10,36	0,205	0,36	18,162	7,802	75,31
			К	49,97	82,51	41,23	10,36	0,207	0,36	17,989	7,629	73,64
		ТХ-2	Н	46,10	82,13	37,86	10,36	0,225	0,36	16,596	6,236	60,19
			К	46,30	81,80	37,87	10,36	0,224	0,36	16,668	6,308	60,89

**РАЗДЕЛ 2. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА,
ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩЕЙ**

Таблица 3 – Материальные затраты на выращивание продовольственного картофеля в зависимости от ширины междурядий в 2017–2020 гг., тыс. руб/га

Статья затрат	ТВ-75	ТВ-90
Материальные затраты – всего	11,73	10,36
В том числе:		
семена	3,08	2,68
пестициды	0,70	0,70
органические удобрения	0,48	0,48
минеральные удобрения	0,22	0,22
ГСМ	0,21	0,20
заработная плата	1,18	0,91
накладные расходы	5,87	5,18

обеспечивало снижение себестоимости 1 т картофеля в среднем по сорту от 0,03 тыс. руб/т (Рагнеда и Вектар) до 0,04 тыс. руб/т (Бриз и Скарб). Применение центробежных вентиляторов (ТХ-1) вело к снижению себестоимости от 0,01 тыс. руб/т (Бриз) до 0,02 тыс. руб/т (Скарб, Рагнеда и Вектар) (см. табл. 2).

Выручка от реализации картофеля (цена – 0,36 тыс. руб/т) зависела от сорта и варианта опыта и изменялась в пределах: Бриз – 17,313–19,281 тыс. руб/га; Скарб – 15,324–18,541; Рагнеда – 16,598–19,693 и Вектар – 15,818–18,554 тыс. руб/га, при средней 18,508; 17,350; 17,972 и 17,178 тыс. руб/га по сортам соответственно. Изменение ширины междурядий с 75 до 90 см обеспечило увеличение выручки от 0,351 тыс. руб/га (Вектар) до 0,981 тыс. руб/га (Скарб), а использование систем активного вентилирования 5-го ТУ – от 0,772 тыс. руб/га (Бриз) до 1,705 тыс. руб/га (Вектар).

Прибыль от выращивания картофеля изменялась в пределах сортов и составила: Бриз – 5,579–8,921 тыс. руб/га; Скарб – 3,590–8,181; Рагнеда – 4,865–8,957 и Вектар – 4,085–7,802 тыс. руб/га, а в среднем 7,462; 6,303; 6,926 и 6,132 тыс. руб/га соответственно по сортам. Изменение ширины междурядий с 75 до 90 см независимо от сорта, ТХ, СХ и условий года увеличило прибыль от 1,725 тыс. руб/га (Вектар) до 2,355 тыс. руб/га (Скарб), у сортов Бриз и Рагнеда – на 2,196 и 1,848 тыс. руб/га соответственно. Использование в период хранения систем активного вентилирования 5-го технологического уклада обеспечивало увеличение прибыли от 0,772 тыс. руб/га (Бриз) до 1,705 тыс. руб/га (Вектар), у сорта Скарб и Рагнеда – на 1,241 и 1,670 тыс. руб/га соответственно.

Рентабельность выращивания продовольственного картофеля зависела от сорта и других исследуемых факторов и была выше при ТВ-90 и хранении по ТХ-1. По сортам она изменялась в пределах: Бриз – 47,55–85,91 %; Скарб – 30,60–78,96; Рагнеда – 41,46–86,46 и Вектар – 34,82–75,31 %, в среднем по сорту 68,43; 57,94; 63,46 и 56,21 % соответственно. Увеличение ширины междурядий с 75 до 90 см повысило рентабельность выращивания картофеля от 22,60 % (Вектар) до 28,52 % (Скарб), у сортов Бриз и Рагнеда – на 28,39 и 24,62 % соответственно. Использование центробежных вентиляторов (ТХ-1) в период длительного хранения семенного клубня независимо от ТВ, СХ и условий года увеличило рентабельность выращивания продовольственного картофеля от 6,98 % (Бриз) до 15,34 % (Вектар), у сортов Скарб и Рагнеда – на 10,88 и 15,21 % соответственно. Четкой закономерности влияния способа хранения на рентабельность выращивания продовольственного картофеля не установлено. Более существенное значение имели условия хранения с использованием вентиляционного оборудования 3–4 и 5-го технологических укладов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований по влиянию ширины междурядий, условий и способов хранения клубней картофеля установлено, что урожайность и экономические показатели сортов зависели от изучаемых факторов.

Урожайность сортов изменялась в пределах: Бриз – 48,54–54,06 т/га; Скарб – 42,96–51,98; Рагнеда – 46,54–55,21 и Вектар – 43,94–51,54 т/га, при средней урожайности 51,89; 48,64; 50,39 и 47,72 т/га соответственно.

Себестоимость единицы продукции зависела от сорта и варьировала в пределах: Бриз – 0,192–0,242 тыс. руб/т; Скарб – 0,199–0,273; Рагнеда – 0,191–0,252 и Вектар – 0,205–0,267 тыс. руб/т, при средней по сорту 0,214; 0,228; 0,220 и 0,232 тыс. руб/т соответственно. Наименьшей она была в варианте ТВ-90 + ТХ-1 + СХ-н, а наибольшей – при ТВ-75 + ТХ-2, способ хранения не повлиял на верхний предел.

Рентабельность выращивания продовольственного картофеля зависела от сорта и других исследуемых факторов и изменялась в пределах: Бриз – 47,55–85,91 %; Скарб – 30,60–78,96; Рагнеда – 41,46–86,46 и Вектар – 34,82–75,31 %, в среднем по сортам составила 68,43; 57,94; 63,46 и 56,21 % соответственно.

Список литературы

1. Картофель России / под ред. А. В. Коршунова. – М. : ООО «Достижения науки и техники АПК», 2003. – С. 384–427.
2. Картофель / под ред. Н. А. Дорожкина. – Минск : Ураджай, 1972. – 448 с.
3. Банадысев, С. А. Хранение семенного картофеля / С. А. Банадысев. – М. : КнигИзд-дат, 2020. – 292 с.
4. Технологии хранения картофеля / К. А. Пшеченков [и др.] ; Рос. акад. с.-х. наук, Всерос. науч.-исслед. ин-т картоф. хоз-ва им. А. Г. Лорха, Моск. гос. ун-т им. М. В. Ломоносова. – [б. м.] : Картофелевод, 2007. – 191 с.
5. Картофель (возделывание, уборка, хранение) / Д. Шпаар [и др.] ; ред. Д. Шпаар. – 4-е изд., дораб. и доп. – М. : Агродело, 2007. – 457 с.
6. Организационно-технологические нормативы возделывания сельскохозяйственных культур : сб. отраслевых регламентов / Ин-т аграр. экономики НАН Беларуси ; рук. разработ. В. Г. Гусаков [и др.]. – Минск : Белорус. наука, 2005. – 460 с.
7. Методические рекомендации по специализированной оценке сортов картофеля / С. А. Банадысев [и др.] ; М-во сел. хоз-ва и продовольствия Респ. Беларусь. – Минск : [б. и.], 2003. – 71 с.
8. Методы оценки эффективности научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ на стадии их планирования и завершения / М. М. Севернев [и др.]. – Минск, 1999. – С. 39–82.
9. Методика определения экономической эффективности использования в сельском хозяйстве результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, новой техники, изобретений и рационализаторских предложений / МСХ СССР ВАСХНИЛ. – М. : ВНИИПИ, 1983. – 149 с.
10. Методика биоэнергетической оценки в картофелеводстве / Б. П. Литун [и др.]. – М. : ВНИИКХ Россельхозакадемии, 2000. – 30 с.
11. Методика исследований по культуре картофеля / НИИ картоф. хоз-ва ; редкол.: Н. С. Бацанов [и др.]. – М., 1967. – 265 с.
12. Технологическая и иммунологическая оценка пригодности партий картофеля к длительному хранению / В. А. Сердюков [и др.] // Картофелеводство : сб. науч. тр. /

Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству; редкол.: В. Л. Маханько [и др.]. – Минск, 2020. – Т. 28. – С. 124–134.

Поступила в редакцию 05.12.2023 г.

V. A. SERDYUKOV, V. L. MAKHANKO, D. D. FITSURO

THE INFLUENCE OF PLANTING WIDTH, CONDITIONS AND STORAGE METHODS OF POTATO ON YIELD AND ECONOMIC EFFICIENCY INDICATORS WHEN GROWING IT FOR FOOD PURPOSE

SUMMARY

The results of studies of the influence of planting width (75 and 90 cm), conditions (the use of aeration systems of the 3rd–4th and 5th technological modes) and storage methods (in bulks and containers) of potato on the yield and indicators of economic efficiency when its cultivation for food purposes are presented.

The yield of varieties varied within: Briz – 48.54–54.06 t/ha; Scarb – 42.96–51.98 t/ha; Ragneda – 46.54–55.21 t/ha and Vektar – 43.94–51.54 t/ha, with average yield for varieties – 51.89 t/ha; 48.64; 50.39 and 47.72 t/ha, respectively.

The cost per unit of production depended on the variety and amounted to: Briz – 0.192–0.242 thousand rubles/t; Scarb – 0.199–0.273 thousand rubles/t; Ragneda – 0.191–0.252 thousand rubles/t and Vektar – 0.205–0.267 thousand rubles/t, with an average of 0.214; 0.228; 0.220 and 0.232 thousand rubles/t. The lowest self-cost was in the TV-90 + TX-1 + SX-n variant, and the highest in the TV-75 + TX-2 variant, the storage method did not affect the upper limit.

The profitability of growing potatoes depended on the variety and other factors studied and varied within: Briz – 47.55–85.91 %; Scarb – 30.60–78.96 %; Ragneda – 41.46–86.46 % and Vektar – 34.82–75.31 %, and on average by variety amounted to 68.43; 57.94; 63.46 and 56.21 %, respectively.

Key words: potato; variety; planting width; conditions and methods of storage; yield; economic efficiency.

УДК 635.21:631.526.32:581.143.28 (476)

В. А. Сердюков, научный сотрудник

Д. Д. Фицуру, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,
заведующий лабораторией технологий производства и хранения картофеля

Ю. В. Гунько, заведующий отделом селекции картофеля

Г. И. Пискун, доктор сельскохозяйственных наук, доцент,
главный научный сотрудник

Е. И. Медведева, научный сотрудник

Д. С. Гастило, кандидат сельскохозяйственных наук,
старший научный сотрудник

РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук
Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству»,
аг. Самохваловичи, Минский район

ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО ПЕРИОДА ПОКОЯ КЛУБНЕЙ НОВЫХ СОРТОВ КАРТОФЕЛЯ БЕЛОРУССКОЙ СЕЛЕКЦИИ

РЕЗЮМЕ

Представлены результаты изучения продолжительности физиологического периода покоя клубней новых сортов картофеля белорусской селекции. Период покоя отличался как по сортам, так и в пределах одного сорта по годам и в среднем за годы исследований составил: Юлиа – 103,3 суток; Палац – 99,3; Першацвет – 125,2; Умка – 153,4; Красавік – 129,0; Карсан – 148,2; Мастак – 123,5; Десятка – 109,1; Гарантiя – 89,7; Водар – 113,6; Лель – 108,2; Сапфир – 127,7; Рубин – 82,5; Нара – 98,6; Крок – 103,3 и Баярскі – 105,7 суток. Период покоя является сортовой особенностью с долей влияния фактора 84,98 %.

Ключевые слова: картофель; сорт; клубень; физиологический период покоя; Беларусь.

ВВЕДЕНИЕ

Клубень является органом вегетативного размножения растений картофеля. Формирование и дальнейшее функционирование клубня базируется на целом комплексе физиологических процессов, один из которых – период покоя [1]. Согласно принятой терминологии, покой – важнейшая приспособительная функция картофеля, во время которого сильно снижается интенсивность физиологических процессов и отсутствует видимый рост [2–7].

Длительность периода покоя зависит прежде всего от сортовых особенностей (генотипа) картофеля, как и любое важное биологическое свойство, закреплена генетически и передается по наследству. На период покоя влияют также условия выращивания клубней и их хранения. Прерыванию покоя и преждевременному прорастанию способствует хранение клубней при повышенной температуре, повышенной влажности воздуха, измененном составе атмосферы (увеличенное содержание CO₂) [4–6].

Метеорологические условия в течение вегетации картофеля оказывают определенное влияние на продолжительность периода покоя клубней. Важными факторами

в данном случае являются температура и влажность воздуха, с повышением которых усиливаются биохимические процессы, а период покоя сокращается. По мнению У. Г. Бартона (W. Burton, 1966), резкие изменения температуры, влажности почвы и воздуха в период роста и развития растений могут вызвать сильные отклонения (порядка пяти недель) в продолжительности периода покоя, иногда даже полностью исключая его. М. Ф. Черникова установила, что продолжительность периода покоя в днях менялась у одних и тех же сортов по годам в зависимости от метеорологических условий, но оставалась постоянной в сравнении с другими сортами [5].

Продолжительность физиологического периода покоя клубней картофеля является одной из важных характеристик сорта, в связи с чем целью наших исследований было изучение данного показателя у новых сортов картофеля белорусской селекции различных групп спелости.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Исследования проводились в лаборатории технологий производства и хранения картофеля РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству» в 2020–2022 гг.

В качестве объектов исследований использовали сорта картофеля различных групп спелости: ранние – Юлия, Палац, Першацвет, Умка, Красавік; среднеранние – Карсан, Мастак, Десятка; среднеспелые – Гарантия, Водар, Лель, Баярскі; среднепоздние – Рубин, Нара, Крок и Сапфир.

Предмет исследований – продолжительность физиологического периода покоя клубней картофеля.

Проведен двухфакторный опыт:

фактор А – сорт;

фактор В – год (условия в период вегетации и хранения).

Технология возделывания – общепринятая при выращивании картофеля с шириной междурядий 75 см [7].

В качестве предшествующей культуры в севообороте использовали озимый рапс на маслосемена с последующей запашкой пожнивных остатков.

Минеральные удобрения вносили из расчета 90 кг/га д. в. азота (сульфат аммония), 60 – фосфора (суперфосфат двойной) и 150 кг/га д. в. калия (хлористый калий).

Посадку картофеля проводили в 1-й декаде мая, уборку – в 1-й декаде сентября. За две недели до уборки было проведено удаление ботвы механическим способом. Уборка картофеля выполнялась вручную с отбором опытного материала и дальнейшей закладкой клубней на хранение.

Почва опытного участка дерново-подзолистая среднесуглинистая. Содержание основных элементов питания в почве находилось на достаточном уровне для обеспечения требований выращиваемого картофеля. Гумус в среднем составлял от 1,85 % (2020 г.) до 2,08 % (2021 г.). Почва сильноокислая, кислотность варьировала от 3,95 до 4,50. Содержание подвижного фосфора и калия не сильно отличалось по годам (самое низкое значение было в 2021 г. – 305,35 и 312,50 мг/кг соответственно).

Метеорологические условия в годы проведения исследований отличались друг от друга, что позволило достоверно оценить их влияние на продолжительность периода покоя клубней (рис. 1 и 2).

В период посадки (май) среднесуточная температура воздуха в годы исследований была одинакова – 12,0 °С в 2020 г. и 12,1 °С в 2021 г., что ниже среднееголетнего значения на 1,7 и 1,6 °С. Количество осадков, выпавших в мае 2020 г., было 47,6 мм, что

РАЗДЕЛ 2. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА,
ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩЕЙ

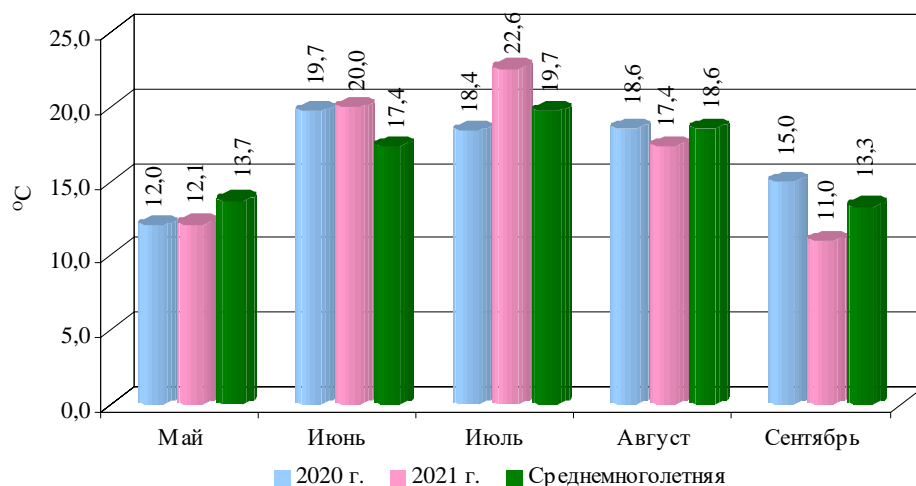


Рисунок 1 – Среднесуточная температура воздуха по месяцам за 2020–2021 гг., °С (агрометеостанция «Минск», аг. Самохваловичи Минского района)

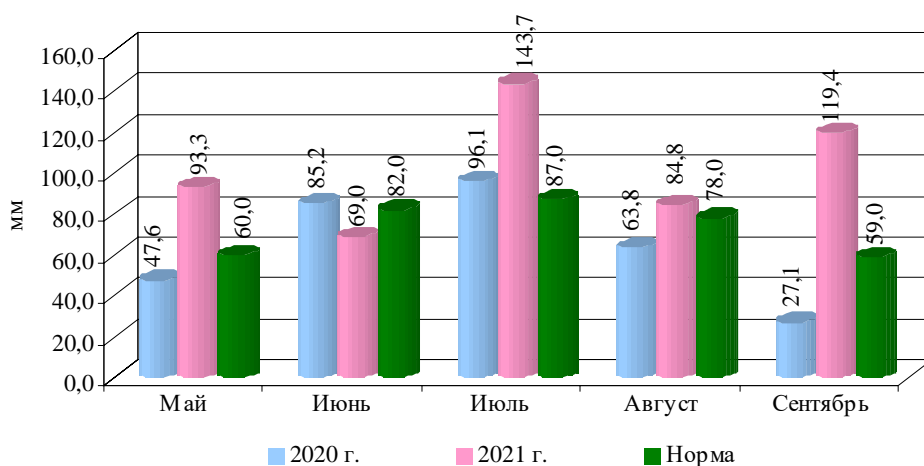


Рисунок 2 – Количество осадков за 2020–2021 гг., мм (агрометеостанция «Минск», аг. Самохваловичи Минского района)

на 12,4 мм ниже нормы (60,0 мм), а в 2021 г. превышало на 33,3 мм. Июнь в годы исследований был теплее среднеголетнего значения 17,4 °С. Среднесуточная температура в 2020 г. составила 19,7 °С, в 2021 г. – 20,0 °С. Осадков в 2020 г. выпало 85,2 мм, что превысило норму (82,0 мм) на 3,2 мм, а в 2021 г. был отмечен дефицит влаги, всего за месяц выпало 69,0 мм, что на 13,0 мм меньше нормы. Среднесуточная температура в июле 2020 г. была ниже среднеголетней (19,7 °С) на 1,3 °С и составила 18,4 °С. Июль 2021 г. был теплым, среднесуточная температура воздуха превышала среднеголетнюю на 2,9 °С. Количество выпавших осадков превышало норму независимо от года исследований. Больше всего осадков было отмечено в июле 2021 г. – 143,7 мм, что на 56,7 мм выше нормы (87,0 мм), а в 2020 г. – на 9,1 мм. Температура в августе 2020 г. не отличалась от среднеголетней – 18,6 °С, а в 2021 г. была на 1,2 °С ниже. Август 2020 г. был более сухой, чем в 2021 г. Количество выпавших осадков не превышало нормы (78,0 мм) и составило 63,8 мм, в 2021 г. осадков выпало больше на 6,8 мм (84,6 мм).

Сентябрь (период уборки) 2020 г. был сухой и жаркий, всего за месяц выпало 27,0 мм осадков при норме 59,0 мм, среднесуточная температура воздуха была ниже среднегодовой (13,3 °С) и составила 11,0 °С. В сентябре 2021 г. стояла более прохладная погода, температура воздуха была на 2,3 °С ниже среднегодовой, а количество выпавших осадков на 60,4 мм превысило норму.

Гидротермический коэффициент (ГТК), который непосредственно влияет на продолжительность периода покоя клубней, за май – сентябрь 2020 г. варьировал от 0,77 (июнь) до 1,59 (август), при среднем значении 1,19, в 2021 г. – от 1,15 (июнь) до 3,61 (сентябрь), в среднем – 2,00. Следовательно, 2020 г. был более сухой, чем 2021 г.

Исследования выполняли согласно «Методическим рекомендациям по специализированной оценке сортов картофеля» и «Методике полевого опыта» Б. А. Доспехова [8, 9]. Статистическая обработка экспериментальных данных выполнена программой Statistica 10.

Таким образом, *период физиологического покоя клубней* – отсутствие прорастания физиологически зрелых клубней в искусственно созданных условиях. Для определения данного параметра физиологически зрелые клубни после уборки помещали в темное помещение при температуре 18–20 °С и относительной влажности воздуха 90–95 %. Период покоя отдельного клубня считается законченным, если на нем появился хотя бы один росток длиной 1,5 мм. Единица измерения – сутки.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

За время проведения исследований среднесуточная температура воздуха составила 18,3 °С, относительная влажность воздуха (ОВВ) варьировала в пределах 90–95 %. Установлено, что наибольшая продолжительность физиологического периода покоя клубней была в 2021–2022 гг., за исключением сортов Юлия и Баярски (табл. 1).

Независимо от года исследований клубни среднепозднего сорта Рубин имели самую низкую продолжительность физиологического периода покоя 74,5 и 90,4 суток за время хранения 2020–2021 и 2021–2022 гг. соответственно.

У сортов Юлия, Палац, Умка, Десятка, Крок и Баярски период покоя существенно не изменялся и был близок за годы исследований, отклонение по годам составило 3,5; 9,6; 4,6; 7,5; 4,2 и 7,3 суток соответственно. Клубни сортов Гарантия и Рубин выходят из состояния покоя раньше других сортов, а позже всех начинают прорастать клубни сорта Умка.

Важным при характеристике сорта и прогнозировании температуры хранения является интервал прорастания от первого до последнего клубня. Наименьший интервал в период хранения 2020–2021 гг. был у сорта Палац – 15 суток (83–98), наибольший – у сорта Першацвет – 52 (95–147); в 2021–2022 гг. минимальный у сорта Баярски – 18 (93–111) и максимальный у сорта Карсан – 78 суток (101–179).

Метеорологические условия в 2020 и 2021 гг. отличались между собой, что позволило более детально оценить влияние условий года на продолжительность периода покоя, вегетационный период 2021 г. был более теплый и влажный, чем в 2020 г. В среднем по сортам наибольшая продолжительность физиологического периода покоя клубней была в сезон хранения 2021–2022 гг. – 120,2 суток, что на 12,9 суток больше, чем в период 2020–2021 гг. Клубни для выхода из состояния покоя накопили больше положительных температур в 2021–2022 гг. – 2 199,7 °С, чем в 2020–2021 гг. – 1 963,6 °С. Клубневой материал более однородным был в период хранения 2021–2022 гг., чем в 2020–2021 гг., что подтверждает коэффициент вариации, который составил 18,98 и 20,42 % соответственно (табл. 2).

**РАЗДЕЛ 2. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА,
ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩЕЙ**

Таблица 1 – Интервал прорастания и продолжительность физиологического периода покоя клубней картофеля в зависимости от сорта и года, 2020–2022 гг.

Сорт	Год (период хранения)	Период покоя клубней, суток	Интервал прорастания, суток	Сумма температур, полученная клубнями от уборки до прорастания, °С	Св, %
Юлия	2020–2021	105,0	97–115	1 921,5	6,36
	2021–2022	101,5	93–118	1 857,5	6,06
Палац	2020–2021	94,5	83–98	1 729,4	5,94
	2021–2022	104,1	87–118	1 905,0	9,39
Першацвет	2020–2021	115,3	95–147	2 110,0	10,46
	2021–2022	135,0	111–153	2 470,5	8,82
Умка	2020–2021	151,1	135–163	2 765,1	5,93
	2021–2022	155,7	128–167	2 849,3	6,01
Красавік	2020–2021	121,1	109–137	2 216,1	5,94
	2021–2022	136,8	128–147	2 503,4	5,36
Карсан	2020–2021	140,0	105–158	2 562,0	12,62
	2021–2022	156,4	101–179	2 862,1	15,25
Мастак	2020–2021	114,5	105–133	2 095,4	7,77
	2021–2022	132,5	121–145	2 424,8	6,14
Десятка	2020–2021	105,3	95–123	1 927,0	7,51
	2021–2022	112,8	101–125	2 064,2	7,08
Гарантня	2020–2021	78,4	60–99	1 434,7	14,96
	2021–2022	101,0	80–118	1 848,3	11,16
Водар	2020–2021	105,1	79–120	1 923,3	9,23
	2021–2022	122,1	107–134	2 234,4	5,59
Лель	2020–2021	94,7	83–115	1 733,0	9,74
	2021–2022	121,6	85–147	2 225,3	12,72
Сапфир	2020–2021	117,3	91–141	2 146,6	9,06
	2021–2022	138,0	111–157	2 525,4	10,55
Рубин	2020–2021	74,5	63–84	1 363,4	9,07
	2021–2022	90,4	65–111	1 654,3	14,08
Нара	2020–2021	88,8	77–97	1 625,0	6,30
	2021–2022	108,4	90–125	1 983,7	9,91
Крок	2020–2021	101,2	90–125	1 852,0	7,99
	2021–2022	105,4	85–134	1 928,8	14,71
Баярскі	2020–2021	109,3	91–125	2 000,2	7,84
	2021–2022	102,0	93–111	1 866,6	4,99

Таблица 2 – Влияние условий года на продолжительность физиологического периода покоя клубней картофеля, 2020–2022 гг.

Год (период хранения)	Период покоя клубней, суток	Интервал прорастания, суток	Сумма температур, полученная клубнями от уборки до прорастания, °С	Св, %
2020–2021	107,3	60–163	1 963,6	20,42
2021–2022	120,2	65–179	2 199,7	18,98

**РАЗДЕЛ 2. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА,
ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩЕЙ**

Клубни картофеля, выращенные в 2020 г., начали выходить из состояния покоя уже на 60-й день после закладки их на хранение (Гарантия), а в 2021 г. – на 65-й день (Рубин), а последние клубни проросли на 163 (Умка) и 179 (Карсан) день. Интервал прорастания от первого до последнего клубня составил 103 суток в 2020–2021 гг. и 114 суток в 2021–2022 гг.

Анализ результатов исследования показал, что для выбора температурного режима хранения необходимо учитывать сортовую особенность и условия вегетационного периода.

Таким образом, в среднем за два года исследований продолжительность физиологического периода покоя клубней картофеля более 100 суток установлена у сортов: Юлия – 103,3 суток; Першацвет – 125,2; Умка – 153,4; Красавік – 129,0; Карсан – 148,2; Мастак – 123,5; Десятка – 109,1; Водар – 113,6; Лель – 108,2; Сапфир – 127,7; Крок – 103,3 и Баярскі – 105,7 суток. Не превышал 100 суток у сортов Палац – 99,3 суток; Гарантия – 89,7; Нара – 98,6 и Рубин – 82,5 суток (табл. 3).

В процессе исследований установлено, что одним из важных показателей является интервал прорастания от первого до последнего клубня, зная его, можно спрогнозировать начало выхода клубней из состояния покоя. Первыми в данном случае являются клубни сорта Гарантия – на 60 день после уборки, позже всех «просыпаются» клубни сорта Умка – на 128 день.

Наименьшая разность в интервале прорастания от первого до последнего клубня присуща сорту Юлия – 25 дней (93–118), наибольшая – у сорта Карсан – 78 дней (101–179). Данный показатель характеризует равномерность выхода клубней из состояния покоя.

Клубням исследуемых сортов картофеля для выхода из состояния покоя необходимо в среднем накопить положительных температур: Юлия – 1 890,4 °С; Палац – 1 817,2; Першацвет – 2 291,2; Умка – 2 807,2; Красавік – 2 360,7; Карсан – 2 712,1; Мастак –

Таблица 3 – Продолжительность физиологического периода покоя клубней сортов картофеля, 2020–2022 гг.

Сорт	Период покоя клубней, суток	Интервал прорастания, суток	Сумма температур, полученная клубнями от уборки до прорастания, °С	Cv, %
Юлия	103,3	93–118	1 890,4	6,47
Палац	99,3	83–118	1 817,2	10,85
Першацвет	125,2	95–153	2 291,2	12,37
Умка	153,4	128–167	2 807,2	6,09
Красавік	129,0	109–147	2 360,7	8,32
Карсан	148,2	101–179	2 712,1	15,05
Мастак	123,5	105–145	2 260,1	10,04
Десятка	109,1	95–125	1 996,5	7,99
Гарантия	89,7	60–118	1 641,5	17,96
Водар	113,6	79–134	2 078,9	10,51
Лель	108,2	83–147	1 980,1	17,12
Сапфир	127,7	91–157	2 336,9	12,82
Рубин	82,5	63–111	1 509,8	15,63
Нара	98,6	77–125	1 804,4	13,86
Крок	103,3	85–134	1 890,4	11,99
Баярскі	105,7	91–125	1 934,3	7,45

РАЗДЕЛ 2. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА, ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩЕЙ

2 260,1; Десятка – 1 996,5; Гарантия – 1 641,5; Водар – 2 078,9; Лель – 1 980,1; Сапфир – 2 336,9; Рубин – 1 509,8; Нара – 1 804,4; Крок – 1 890,4 и Баярські – 1 934,3 °С. Данный показатель непосредственно зависит от продолжительности периода покоя и количества положительных температур, полученных клубнями в период вегетации.

Клубни сортов Юлия, Умка, Красавік, Десятка, Баярські являются генетически более однородными, коэффициент вариации у них составил 6,47; 6,09; 8,32; 7,99 и 7,45 % соответственно.

Для определения влияния изучаемых факторов на продолжительность физиологического периода покоя клубней картофеля был проведен дисперсионный анализ, который выполнен по схеме двухфакторного опыта и взаимодействия этих факторов, результаты которого представлены на рисунке 3.

Из рисунка видно, что продолжительность физиологического периода покоя клубней картофеля является сортовой особенностью (фактор А) с долей влияния – 84,98 %. Данный показатель изменяется от условий года (фактор В) на 9,98 %. От совокупного взаимодействия этих факторов период покоя зависел на 5,04 %.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований продолжительность физиологического периода покоя клубней картофеля более 100 суток установлена у 12 (75 %) новых сортов: Юлия, Першацвет, Умка, Красавік, Карсан, Маслак, Десятка, Водар, Лель, Сапфир, Крок и Баярські; не превышает 100 суток у сортов Палац, Гарантия, Нара и Рубин. Прямой зависимости между скороспелостью сорта и продолжительностью периода покоя не установлено.

Клубням исследуемых сортов картофеля для выхода из состояния покоя необходимо в среднем накопить положительных температур: Юлия – 1 890,4 °С; Палац – 1 817,2; Першацвет – 2 291,2; Умка – 2 807,2; Красавік – 2 360,7; Карсан – 2 712,1; Маслак – 2 260,1; Десятка – 1 996,5; Гарантия – 1 641,5; Водар – 2 078,9; Лель – 1 980,1; Сапфир – 2 336,9; Рубин – 1 509,8; Нара – 1 804,4; Крок – 1 890,4 и Баярські – 1 934,3 °С.

Период покоя является сортовой особенностью с долей влияния фактора – 84,98 %.

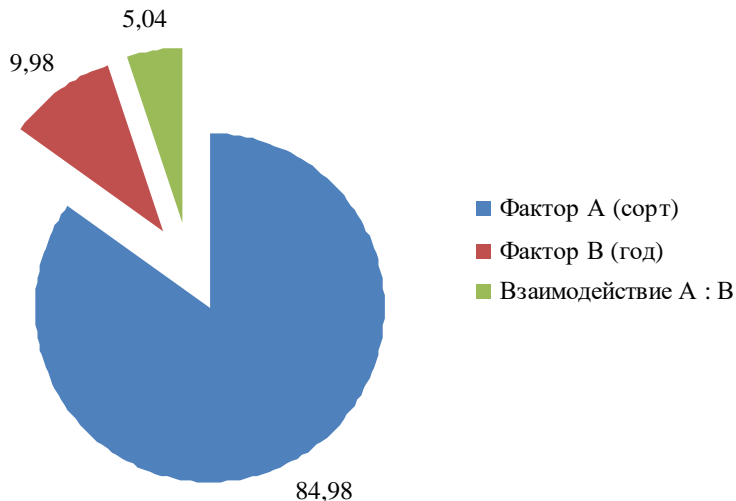


Рисунок 3 – Доля влияния факторов на продолжительность физиологического периода покоя клубней картофеля, 2020–2022 гг., %

Список литературы

1. Ewing, E. E. Tuber Formation in Potato: Induction, Initiation and Growth / E. E. Ewing, P. C. Struik // Hort. Rev. – 1992. – V. 14. – P. 89–198.
2. Lang, G. A. Para- and Ecodormancy: Physiological Terminology and Classification for Dormancy Research / G. A. Lang [et al.] // Hort. Sci. – 1987. – V. 22. – P. 371–377.
3. Simmonds, N. W. Correlated seed and tuber dormancy in potatoes / N. W. Simmonds // Nature. – 1963. – 197 p.
4. Банадысев, С. А. Хранение семенного картофеля / С. А. Банадысев. – М. : КнигИздат, 2020. – 292 с.
5. Картофель (возделывание, уборка, хранение) / Д. Шпаар [и др.] ; ред. Д. Шпаар. – 4-е изд., дораб. и доп. – М. : Агродело, 2007. – 457 с.
6. Чайлахян, М. Х. Фотопериодическая и гормональная регуляция клубнеобразования у растений / М. Х. Чайлахян. – М. : Наука, 1984. – 69 с.
7. Организационно-технологические нормативы возделывания сельскохозяйственных культур : сб. отраслевых регламентов / Ин-т аграр. экономики НАН Беларуси ; рук. разраб. В. Г. Гусаков [и др.]. – Минск : Белорус. наука, 2005. – 460 с.
8. Методические рекомендации по специализированной оценке сортов картофеля / С. А. Банадысев [и др.] ; М-во сел. хоз-ва и прод. Респ. Беларусь. – Минск : [б. и.], 2003. – 71 с.
9. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – 5-е изд., доп. и перераб. – М. : Агропромиздат, 1985. – 351 с.

Поступила в редакцию 30.11.2023 г.

V. A. SERDYUKOV, D. D. FITSURO, YU. V. GUNKO, G. I. PISKUN,
E. I. MEDVEDEVA, D. S. GASTILO

DURATION OF THE PHYSIOLOGICAL DORMANT PERIOD OF TUBERS OF NEW POTATO VARIETIES OF BELARUSIAN SELECTION

SUMMARY

The results of a study on the duration of the physiological dormant period of new potato varieties of Belarusian selection are presented. The dormant period differed both by variety and within one variety by year and on average over the years of research amounted to: Yuliya – 103.3 days; Palats – 99.3; Pershatsvet – 125.2; Umka – 153.4; Krasavik – 129.0; Karsan – 148.2; Mastak – 123.5; Desyatka – 109.1; Garantiya – 89.7; Vodar – 113.6; Lel – 108.2; Sapfir – 127.7; Rubin – 82.5; Nara – 98.6; Krok – 103.3 and Bayarski – 105.7 days. The dormant period is a varietal feature with a factor influence of 84.98 %

Key words: potato; variety; tuber; physiological dormant period; Belarus.

УДК 635.21:631.532.2

Т. Н. Сидоренко, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,
заведующий отделом картофелеводства и плодородства

Л. Г. Тихонова, старший научный сотрудник

РУП «Гомельская областная сельскохозяйственная опытная станция»
Национальной академии наук Беларуси, аг. Довск, Рогачевский район

РЕЗУЛЬТАТЫ ПРИМЕНЕНИЯ МИКРОУДОБРЕНИЙ НА КАРТОФЕЛЕ В СООРУЖЕНИЯХ ЗАЩИЩЕННОГО ГРУНТА

РЕЗЮМЕ

Приведены результаты исследований по эффективности микроудобрений Кристаллон (универсальный, желтый, коричневый), FERTIKA люкс, НаноКремний, Batr Max, обеспечивающих увеличение выхода микроклубней в закрытом грунте. Установлено, что при выращивании семенного материала первого клубневого поколения в условиях закрытого грунта для активизации клубнеобразования с целью повышения выхода микроклубней рекомендуется использовать следующие микроудобрения: Кристаллон желтый и коричневый в дозах: первая обработка 0,4 г/л, вторая – 0,2 кг/га, третья – 0,2 кг/га; FERTIKA люкс – первая, вторая и третья обработки в дозе 0,4 г/л; Batr Max в дозах: первая обработка 5 мл/л, вторая – 1,2 л/га, третья – 1,2 л/га.

Ключевые слова: картофель; сорт; культура *in vitro*; пробирочные растения; макро- и микроудобрения; Республика Беларусь.

ВВЕДЕНИЕ

Самый эффективный путь повышения продуктивности картофеля – внедрение в практику сельскохозяйственного производства новых высокоурожайных сортов, биологические особенности которых больше соответствуют местным почвенно-климатическим условиям. Один из факторов, влияющих на низкий уровень урожайности картофеля, – качество семенного материала, именно поэтому оздоровленный посевной материал является одним из важнейших факторов получения высоких и стабильных урожаев [1].

Высокая потребность картофеля в микроэлементах объясняется распределением их в самих растениях. В отличие от азота, фосфора и калия, которые многократно используются внутри растительного организма и от недостатка которых страдают старые нижние листья, катионы металлов (микроэлементов) являются активными центрами ферментов – сложных органических соединений различной химической природы. Они находятся в клетках растительных тканей химически связанными и не могут повторно использоваться вновь образующимися молодыми органами растений.

Известно, что клеточная мембрана не способна пропускать внутрь клетки питательные вещества в виде крупных (с точки зрения микромира) молекулярных комплексов. Поэтому в процессе изготовления используются нанотехнологии по измельчению крупных молекулярных образований питательных и биологически активных веществ. Полученные вещества с характерными размерами молекул становятся более активными, что способствует проникновению микроэлементов в растение за счет наноразмера частиц и их нейтрального (в электрохимическом смысле) статуса. Размер

частиц этих веществ в десятки и даже сотни раз меньше, чем микроны. Их применение дает возможность при минимальных дозах препаратов достигать гораздо больших эффектов [2].

В результате использования нанодобрений растения получают оптимальное питание, что вызывает ферментативную активность на клеточном уровне, нормализует и интенсифицирует обменные процессы. Это приводит к укреплению иммунной системы, общему оздоровлению растений и увеличению урожайности (в среднем в 1,5–2,0 раза) [3, 4].

В настоящее время активно ведется поиск и испытание новых препаратов, действие которых приводит к стимуляции важнейших физико-биологических процессов, устраняет последствия стрессовых ситуаций токсического действия на окружающую среду. Повышение эффективности технологии получения мини- и макроклубней картофеля с сохранением эффекта оздоровления является чрезвычайно актуальной задачей.

Цель исследований – изучить эффективность применяемых микроудобрений, обеспечивающих увеличение выхода микроклубней.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Исследования выполнялись в 2019–2020 гг. РУП «Гомельская ОСХОС» НАН Беларуси в защищенном грунте – пленочные теплицы для выращивания питомника первого клубневого поколения, с автоматически регулируемым микроклиматом и поливом. Почва – низинный торф с содержанием рН (КС1) – 5,6; подвижные формы P_2O_5 и K_2O (по Кирсанову) – 189 и 182; Са – 2 250; Mg – 2 621; В – 1,64; Cu – 2,02; Zn – 7,26; Cd – 0,03; Pb – 5,0 мг/кг почвы; Cs¹³⁷ (цезий 137) – 22,69+/-6,81 Бк/кг; N общий – 0,53 %.

Объектом исследований служили пробирочные растения нового сорта картофеля белорусской селекции Першацвет – ранний и Рубин – среднепоздний, были высажены во второй декаде мая. Во время посадки проводилось протравливание пробирочных растений против болезней и вредителей препаратом Эместо Квантум (35 мл/10 л воды). Перед посадкой осуществлялись первая обработка корневой системы пробирочных растений микроудобрениями по схеме опыта, внекорневые подкормки при высоте растений 10–15 см (вторая) и в фазу бутонизации – начала цветения (третья).

Схема полевого опыта:

1. Контроль – обработка водой;
2. Первая обработка – НаноКремний в дозе 0,15 мл/л, вторая – 35 мл/га, третья – 35 мл/га;
3. Первая обработка – Кристалон универсальный в дозе 0,4 г/л, вторая – 0,2 кг/га, третья – 0,2 кг/га;
4. Первая обработка – Кристалон желтый в дозе 0,4 г/л, вторая – 0,2 кг/га, третья – 0,2 кг/га;
5. Первая обработка – Кристалон коричневый в дозе 0,4 г/л, вторая – 0,2 кг/га, третья – 0,2 кг/га;
6. Первая обработка – FERTIKA люкс в дозе 0,4 г/л, вторая – 0,4 кг/га, третья – 0,4 кг/га;
7. Первая обработка – Batr Max в дозе 5 мл/л, вторая – 1,2 л/га, третья – 1,2 л/га.

Содержание питательных веществ в применяемых микроудобрениях:

- НаноКремний (Si – 50 %, Fe – 6, Cu – 1, Zn – 0,5 %);
- Кристалон универсальный (NPK – 18 : 18 : 18 %, MgO – 3,0, S – 5,0, B – 0,025, Cu – 0,01, Fe – 0,07, Mn – 0,04, Zn – 0,025, Mo – 0,004 %, EC – 0,9 г/л, pH – 4,5);

**РАЗДЕЛ 2. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА,
ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩЕЙ**

- Кристалон желтый (NPK – 13 : 40 : 13 %, S – 1,0, B – 0,025, Cu – 0,01, Fe – 0,07, Mn – 0,04, Zn – 0,025, Mo – 0,004 %, EC – 1,0 г/л, pH – 4,3);
- Кристалон коричневый (NPK – 3 : 11 : 38 %, MgO – 4,0, S – 27,5, B – 0,025, Cu – 0,01, Fe – 0,07, Mn – 0,04, Zn – 0,025, Mo – 0,004 %, EC – 1,3 г/л, pH – 3,1);
- FERTIKA люкс (NPK – 16,0 : 20,6 : 27,1 %, Fe – 0,1, B – 0,02, Cu – 0,01, MgO – 0,1, Mo – 0,002, Zn – 0,01);
- Batr Max (N – 6 %, P₂O₅ – 7, K₂O – 10, SO₃ – 2, B – 0,18, MgO – 0,05, Fe – 0,03, Mo – 0,025, Co – 0,01 %).

Проведение агротехнических мероприятий в период вегетации: внесение удобрений – N₆₀P₉₀K₁₂₀, фрезерование, высадка пробирочных растений, полив, прополка, окучивание. Было проведено десять профилактических комплексных обработок против фитофтороза, альтернариоза, тли, колорадского жука и паутинного клеща. В опыте использовали препараты: Ридомил Голд – 2,0 кг/га, Инфинито – 1,8 л/га, Кариал Флекс – 0,5 кл/га, Ревус Топ – 0,6 л/га, Антракол – 1,75 л/га, Полирам – 2,0 кг/га, Ширма – 0,4 л/га. Против тлей применяли БИ-58, против колорадского жука – Агент (0,04 кг/га), Биская (0,3 л/га), против паутинных клещей – Масай (0,5 кг/га). Уборка урожая по опыту проходила 18–19 октября. Во время уборки осуществляли учет урожая клубней и оценивали его структуру.

Опыт проводили согласно «Методическим рекомендациям по специализированной оценке сортов картофеля» и «Методике полевого опыта» [5, 6].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В процессе изучения отмечено, что на приживаемость пробирочных растений сортов Першацвет и Рубин влияет обработка корневой системы питательными растворами. Учет приживаемости растений проводили на десятый день после посадки, у сорта Першацвет она составила 95,0–97,2 %. Установили, что приживаемость растений выше после обработки корней микроудобрениями Кристалон коричневый, универсальный и FERTIKA люкс (97,1–97,2 %). У остальных вариантов обработка пробирочных растений картофеля перед посадкой различными марками микроудобрений по эффективности была на уровне контроля или чуть выше, увеличение процента приживаемости в пределах НСР. У сорта Рубин приживаемость составила 91,9–97,0 %, отмечено ее повышение после обработки корней микроудобрениями всех применяемых марок от 3,6 до 5,1 %, кроме марки Batr Max, после применения которой приживаемость находилась на уровне контроля (табл. 1).

Таблица 1 – Приживаемость пробирочных растений картофеля после посадки в теплицу (в среднем), 2019–2020 гг.

Вариант	Приживаемость пробирочных растений на 10-й день после посадки в теплицу, %	
	Сорт Першацвет	Сорт Рубин
Контроль	95,0	91,9
НаноКремний	95,0	95,5
Кристалон универсальный	97,2	96,9
Кристалон желтый	96,6	97,0
Кристалон коричневый	97,1	96,2
FERTIKA люкс	97,1	96,7
Batr Max	96,0	93,0
НСР ₀₅ %	1,8	1,7

**РАЗДЕЛ 2. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА,
ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩЕЙ**

Анализ структуры урожая изучаемых сортов показал, что обработка растений картофеля во время вегетации микроудобрениями положительно влияет на клубнеобразование. Так, при обработке микроудобрениями Batr Мах, FERTIKA люкс и Кристалон коричневый у сорта Першацвет образовалось максимальное количество клубней на одно растение (6,05–6,10 шт.), увеличение к контролю – 1,45–1,65 шт., или на 35,9–37,1 %. Рост количества клубней на одно растение происходил в основном за счет мелкой и средней фракции 1,95–2,0 и 2,25–2,50 шт., в контроле 1,25 и 1,6 шт. соответственно.

Максимальное количество клубней на одно растение картофеля у сорта Рубин отмечено при обработке их во время вегетации микроудобрениями таких марок, как FERTIKA люкс, Кристалон коричневый и желтый, Batr Мах. Образовалось от 2,4 до 2,9 клубней, увеличение составило 0,75–1,25 шт., или 45,5–75,8 % к контролю. По числу и по массе клубней преобладали фракции 3,0–15,0 и >15,0 г, это 0,9–1,05 и 0,9–1,15 шт. на одно растение, или 35,3–41,7 и 37,5–47,9 % от общего числа клубней. Увеличение клубней на один куст происходило в основном за счет крупной фракции – макроклубни >15,0 г (0,3–0,55 шт.), процент к контролю составил 45,5–75,8 % от общей массы. В вариантах с применением Кристалон коричневый и желтый рост количества клубней на один куст происходил также и за счет средней фракции 1,0–1,05 шт., в контроле 0,55 шт. (табл. 2).

Анализируя структуру урожая изучаемых сортов, можно сделать вывод, что у сорта Першацвет среднее количество клубней на одно растение было больше на 3,20 шт., чем у сорта Рубин (1,65–2,9 шт.), и составляло в среднем 4,45–6,10 шт. с одного растения.

Таблица 2 – Влияние микроудобрений на число и фракционный состав клубней (в среднем за два года), 2019–2020 гг.

Вариант	Среднее число клубней с куста								
	Фракция клубней, г						Всего		
	> 3,0		3,0–15,0		> 15,0		шт.	± шт. к контролю	± % к контролю
	шт.	%	шт.	%	шт.	%			
Сорт Першацвет									
Контроль	1,25	28,1	1,6	36,0	1,60	35,9	4,45	–	–
НаноКремний	1,65	30,8	1,95	36,4	1,75	32,7	5,35	+0,90	+20,2
Кристалон универсальный	1,85	34,2	1,90	35,2	1,65	30,6	5,40	+0,95	+21,3
Кристалон желтый	1,65	29,4	2,30	41,1	1,65	29,5	5,60	+1,15	+25,8
Кристалон коричневый	1,95	31,9	2,50	41,0	1,65	27,1	6,10	+1,65	+37,1
FERTIKA люкс	2,00	33,9	2,25	38,1	1,65	28,0	5,90	+1,45	+32,6
Batr Мах	2,10	34,7	2,35	38,8	1,60	26,5	6,05	+1,60	+35,9
НСР ₀₅								1,3	
Сорт Рубин									
Контроль	0,50	30,3	0,55	33,3	0,60	36,4	1,65	–	–
НаноКремний	0,60	28,6	0,80	38,1	0,70	33,3	2,10	+0,45	+27,3
Кристалон универсальный	0,40	19,0	0,85	40,5	0,85	40,5	2,10	+0,45	+27,3
Кристалон желтый	0,50	20,8	1,00	41,7	0,90	37,5	2,40	+0,75	+45,5
Кристалон коричневый	0,75	25,9	1,05	36,2	1,10	37,9	2,90	+1,25	+75,8
FERTIKA люкс	0,60	25,0	0,65	27,1	1,15	47,9	2,40	+0,75	+45,5
Batr Мах	0,80	31,4	0,90	35,3	0,85	33,3	2,55	+0,90	+54,5
НСР ₀₅								0,55	

**РАЗДЕЛ 2. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА,
ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩЕЙ**

Применяемые марки микроудобрений положительно влияли на увеличение массы клубней на один куст. У сорта Першацвет она составила 110,2–120,5 г (в контроле 88,6 г), это больше на 21,6–31,9 г, или 24,4–36,0 %, чем в контроле. При этом средняя масса одного клубня не всегда была выше, чем в контроле (19,9 г), и находилась в пределах 18,68–21,15 г. В вариантах с применением микроудобрения Кристалон коричневый и Batr Max средняя масса одного клубня находилась на уровне контроля. Максимальная средняя масса одного клубня у сорта Першацвет в варианте с применением Кристалон универсальный – 21,15 г, а масса на один куст с обработкой микроудобрением Кристалон коричневый – 120,5 г.

Отмечено влияние применяемых микроудобрений на массу клубней и у сорта Рубин, она увеличилась на 18,61–48,37 г и составила 69,51–99,27 г на один куст (в контроле 50,90 г), это на 36,5–95,0 % больше, чем в контроле.

Средняя масса одного клубня сорта Рубин составила 28,9–35,45 г, при этом максимальная средняя масса одного клубня в варианте с применением микроудобрения Кристалон универсальный – 35,45 г, в контроле 30,85 г. На уровне контроля находилась средняя масса одного клубня (28,9 г) в варианте с обработкой микроудобрением Batr Max. Максимальная средняя масса на один куст в варианте с обработкой микроудобрением Кристалон коричневый – 99,27 г, что на 48,37 г больше, чем в контроле.

Сравнивая структуру урожая изучаемых сортов между собой, можно сделать вывод, что у сорта Першацвет средняя масса клубней на один куст больше в 2,0–2,5 раза, чем у сорта Рубин, а средняя масса одного клубня меньше – от 10,95 до 78,12 г (табл. 3).

Если провести сравнительную оценку фракционного состава клубней у сорта Першацвет от применения различных марок микроудобрений, то можно отметить следующее: увеличивалась средняя масса одного клубня фракций < 3,0 г и > 15,0 г, а фракция 3,0–15,0 г была на уровне контроля. Максимальная средняя масса одного клубня фракции < 3,0 г в варианте с обработкой микроудобрением Кристалон желтый (2,45 г), а фракции > 15,0 г – Кристалон универсальный (54,1 г).

Таблица 3 – Влияние микроудобрений на массу клубней (в среднем), 2019–2020 гг.

Вариант	Средняя масса одного клубня, г	Средняя масса на один куст, г	± к контролю, г	± к контролю, %
Сорт Першацвет				
Контроль	19,90	88,6	–	–
НаноКремний	20,59	110,2	+21,6	+24,4
Кристалон универсальный	21,15	114,2	+25,6	+28,9
Кристалон желтый	20,82	116,6	+28,0	+31,6
Кристалон коричневый	19,75	120,5	+31,9	+36,0
FERTIKA люкс	20,11	118,6	+30,0	+33,9
Batr Max	18,68	113,0	+24,4	+27,5
НСР ₀₅			4,3	
Сорт Рубин				
Контроль	30,85	50,90	–	–
НаноКремний	33,1	69,51	+18,61	+36,5
Кристалон универсальный	35,45	74,44	+23,54	+46,2
Кристалон желтый	32,55	78,12	+27,22	+53,5
Кристалон коричневый	34,23	99,27	+48,37	+95,0
FERTIKA люкс	31,38	75,30	+24,4	+47,9
Batr Max	28,9	73,70	+22,8	+44,8
НСР ₀₅			4,0	

**РАЗДЕЛ 2. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА,
ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩЕЙ**

У сорта Рубин фракционный состав клубней при сравнительной оценке носит совсем другой характер: по всем фракциям наблюдалось увеличение массы клубней от применения различных марок микроудобрений. Только в варианте с обработкой микроудобрением FERTIKA люкс не отмечено увеличение средней массы клубня по фракциям, она находится на уровне контроля. Более крупные клубни по фракциям < 3,0 и 3,0–15,0 г получены в варианте с обработкой НаноКремнием (2,85 и 15,1 г), а у фракции > 15,0 – с применением Кристалона коричневого и НаноКремния (75,3–79,6 г).

Сравнивая по фракциям среднюю массу одного клубня у исследуемых сортов, можно сделать вывод, что у сорта Першпацвет средняя масса одного клубня фракции > 15,0 г меньше, чем у сорта Рубин, а фракции 3,0–15,0 г и < 3,0 г у обоих сортов на одном уровне. Клубни сорта Рубин в среднем крупнее, чем клубни сорта Першпацвет, но их меньше на один куст (табл. 4).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С целью повышения приживаемости пробирочных растений картофеля (сорта Першпацвет и Рубин) при пересадке в теплицу из среды *in vitro* в *in vivo* рекомендуется использовать микроудобрения Кристалон коричневый, универсальный и FERTIKA люкс в дозе 0,4 г/л для обработки корней перед посадкой. Приживаемость увеличивается на 2,1–5,1 %.

При выращивании семенного материала первого клубневого поколения в условиях закрытого грунта для стимуляции клубнеобразования с целью повышения выхода микроклубней необходимо использовать следующие микроудобрения в дозах:

- Batr Max: первая обработка – 5 мл/л, вторая – 1,2 л/га, третья 1,2 л/га;
- FERTIKA люкс: первая, вторая и третья обработки – 0,4 г/л;
- Кристалон коричневый и желтый: первая обработка – 0,4 г/л, вторая – 0,2 кг/га, третья – 0,2 кг/га.

При обработке микроудобрениями Batr Max, FERTIKA люкс и Кристалон коричневый у сорта Першпацвет образовалось максимальное количество клубней на одно

Таблица 4 – Средняя масса одного клубня по фракциям (в среднем), 2019–2020 гг.

Вариант	Фракции		
	< 3,0 г	3,0–15,0 г	> 15,0 г
Сорт Першпацвет			
Контроль	1,95	14,25	39,6
НаноКремний	2,15	11,95	47,7
Кристалон универсальный	2,20	11,0	54,1
Кристалон желтый	2,45	12,5	50,8
Кристалон коричневый	2,20	12,1	52,1
FERTIKA люкс	1,95	12,0	53,2
Batr Max	1,95	12,5	49,7
НСР ₀₅	0,33	1,8	1,5
Сорт Рубин			
Контроль	1,70	12,85	71,7
НаноКремний	2,85	15,10	79,6
Кристалон универсальный	2,60	14,50	72,1
Кристалон желтый	2,30	14,55	69,4
Кристалон коричневый	2,38	12,56	75,30
FERTIKA люкс	1,7	10,9	58,4
Batr Max	2,0	13,25	70,8
НСР ₀₅	0,4	1,0	1,1

растение (6,05–6,10 шт.), увеличение к контролю 1,45–1,60 шт., или на 35,9–37,1 %. Увеличение количества клубней на одно растение происходило в основном за счет мелкой и средней фракции: 1,95–2,0 и 2,25–2,50 шт., в контроле 1,25 и 1,6 шт. соответственно.

Максимальное количество клубней на одно растение картофеля у сорта Рубин отмечено при обработке их во время вегетации микроудобрениями таких марок, как FERTIKA люкс, Кристалон коричневый и желтый, Batr Max, образовалось от 2,4 до 2,9 клубней, увеличение составило 0,75–1,25 шт., или 45,5–75,8 % к контролю. Увеличение клубней на один куст происходило в основном за счет крупной фракции – макроклубни > 15,0 г (0,3–0,55 шт.), процент к контролю составил 45,5–75,8 % от общей массы. В вариантах с применением Кристалон коричневый и желтый увеличилось количество клубней на один куст также и за счет средней фракции 1,0–1,05 шт., в контроле – 0,55 шт.

Список литературы

1. Влияние концентраций витаминов и гормонов в питательной среде на рост и развитие картофеля в культуре *in vitro* / Д. Л. Антонова [и др.] // Картофелеводство : сб. науч. тр. / Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству ; редкол.: С. А. Турко (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2016. – Т. 24. – С. 322–332.

2. Сельскохозяйственная биотехнология : учебник / В. С. Шевелуха [и др.] ; под ред. В. С. Шевелуха. – М. : Высш. шк., 2008. – 710.

3. Попкович, А. И. Оценка эффективности современных микро- и наноудобрений в семеноводческих посадках картофеля / А. И. Попкович, А. И. Родькина, В. В. Анципович // Картофелеводство : сб. науч. тр. / Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству ; редкол.: С. А. Турко (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2016. – Т. 24. – С. 362–368.

4. Гудилин, Н. А. Богатство наномира. Фоторепортаж из глубины вещества / Е. А. Гудилин. – М. : Бином, 2009. – С. 176.

5. Методические рекомендации по специализированной оценке сортов картофеля / С. А. Банадысев [и др.]. – Минск, 2003. – 70 с.

6. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – М. : Агропромиздат, 1985. – 351 с.

Поступила в редакцию 07.12.2023 г.

T. N. SIDORENKO, L. G. TИHONOVA

THE RESULTS OF THE APPLICATION OF MICRO-FERTILIZERS ON POTATO IN PROTECTED GROUND STRUCTURES

SUMMARY

The results of studies on the effectiveness of micro-fertilizers are presented: Kristalon (universal, yellow, brown), FERTIKA lux, Nanosilicon, Batr Max, providing an increase in the yield of micro-tubers in closed ground. It was found that when growing seed material of the first tuberous generation in closed ground conditions, it is recommended to use the following micro-fertilizers to activate tuberization in order to increase the yield of micro-tubers: Kristalon yellow and brown, in doses: the first treatment is 0.4 g/l, the second is 0.2 kg/ha, the third is 0.2 kg/ha; FERTIKA lux – the first, second and third treatments at a dose of 0.4 g/l; Batr Max in doses: the first treatment is 5 ml/l, the second is 1.2 l/ha, the third is 1.2 l/ha.

Key words: potato; variety; *in vitro* culture; test plants; macro- and micro-fertilizers; Republic of Belarus.

УДК 632.937:635.64

С. Г. Сидорова, кандидат биологических наук, доцент,
доцент кафедры ботаники
Белорусский государственный университет, г. Минск

ПОЧВЕННЫЕ АКТИНОМИЦЕТЫ Р. *STREPTOMYCES* КАК ВОЗМОЖНЫЕ АНТАГОНИСТЫ ВОЗБУДИТЕЛЯ ФУЗАРИОЗНОГО ВИЛТА ТОМАТА

РЕЗЮМЕ

*Приведена лабораторная оценка антифунгальной активности коллекционных штаммов почвенного актиномицета р. *Streptomyces* по степени ингибирования роста и спорообразования возбудителя фузариозного увядания томата в условиях чистой культуры. Установлено угнетающее воздействие всех изучаемых штаммов актиномицета. При этом наибольший фунгистатический эффект проявили штаммы 1 и 7. Они могут быть рекомендованы для разработки на их основе препаратов с комплексным действием, относимых к категории экологически безопасных средств защиты растений.*

Ключевые слова: фузариозное увядание; томат; актиномицеты; ингибирование; рост; спорообразование; штаммы-антагонисты; скрининг.

ВВЕДЕНИЕ

Томат является одной из важнейших овощных культур, возделываемых в Республике Беларусь. Из шести регионов в Гомельской области производство томата в 2019 г. составляло 23,4 %, Могилевской – 48,6 %, в 2018 г. – 24,1 и 48,9 % соответственно. В 2019 г. оно увеличилось в Витебской (102,8 %), Гродненской (112,9), Минской (106,9) областях и г. Минске (117,8 %). Значительный объем производства прочих овощей наблюдался в Витебской области – 196,3 %. В целом за январь – октябрь 2019 г. отмечалось снижение поступления овощной продукции по сравнению с 2018 г. Незначительный рост объемов производства овощей в защищенном грунте был в Минской области и г. Минске. Производство овощей за январь – сентябрь 2020 г. составило 105 516 т. На долю томата приходилось 58,1 %. Объем производства прочих овощей в 2020 г. по сравнению с 2019 г. увеличился на 14,1 % [13].

Томат – это культура, которая обладает ценными пищевыми качествами и отличается разнообразным использованием в свежем, соленом и консервированном виде. Однако ее успешному возделыванию препятствует подверженность комплексу возбудителей, в том числе и грибной этиологии. По данным В. Д. Поликсеновой, за 35 лет наблюдений на томатах было отмечено 22 вида грибов в качестве возбудителей инфекционного процесса; из них в защищенном грунте зарегистрировано 19, в открытом – 11 видов [7].

Снижению пестицидной нагрузки при формировании урожая томатов, на которой базируется химический способ защиты, может служить альтернативный подход, который основывается на применении биологического метода защиты растений от болезней. Последний заключается в использовании потенциальных агентов среди различных групп почвенных микроорганизмов (грибов, бактерий, цианобактерий, актиномицетов) с целью защиты от фитопатогенных грибов. В этой связи поиск таких

организмов, а также совершенствование знаний их биологии позволяет расширить границы применения биологического метода [2].

Мицелиальные прокариоты обладают способностью синтезировать антибиотики (в первую очередь аминогликозиды, макролиды, новые антибиотики макваримициды), биологические активные вещества [21], а также хитиназы [19] и глюканызы [22]. На этом основании они могут быть рассмотрены в качестве агентов при разработке приемов естественной защиты растения от фитопатогенных грибов.

Для мицелиальных прокариот характерно отсутствие способности к быстрому росту. Это позволяет отнести их к представителям так называемых *K-стратегов*. Вместе с тем данное негативное для антагонистов свойство нивелируется широким метаболическим потенциалом актиномицетов. Эффективность расселения спор, устойчивость к высушиванию и временному отсутствию питательных веществ открывает возможность создания биопрепаратов как на основе актиномицетов [20], так и в комплексе их с другими организмами, в частности цианобактериями [5, 18].

На основании анализа литературных источников можно утверждать, что в последнее время появились сведения, указывающие на возможность использования актиномицетов в качестве основы для препаратов комплексного действия. Они применяются на целом спектре сельскохозяйственных культур, особенно зерновых [3, 15–17], как экологически безопасные средства защиты от фитопатогенов, в частности грибов и бактерий. Избирательность действия и безопасность для здоровья животных и человека не только открывает широкие перспективы в качестве агентов биозащиты, но и в конечном итоге обеспечивает получение экологически чистой продукции растениеводства. В этой связи наши исследования были посвящены поиску возможных и эффективных антагонистов возбудителя фузариоза томата микромицета *Fusarium oxysporum f. lycopersici* (Sacc.) Snyder and Hansen среди почвенных актиномицетов рода *Streptomyces*.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Объектом исследования являлся возбудитель фузариозного увядания томата фитопатогенный микромицет *Fusarium oxysporum f. lycopersici* (Sacc.) Snyder and Hansen, выделенный нами из пораженных стеблей томата по общепринятой методике [1, 8]. Видовую идентификацию возбудителя болезни томата проводили по определителю Н. М. Пидопличко [6]. Штаммы (1, 2, 3, 7, 8, 9) почвенного актиномицета р. *Streptomyces*, используемые в экспериментальных исследованиях, были получены из коллекции чистых культур микроорганизмов кафедры микробиологии биологического факультета Белорусского государственного университета.

Влияние тестируемых штаммов актиномицета рода *Streptomyces* на рост и спорообразование фитопатогена *F. oxysporum f. lycopersici* изучали посредством посева актиномицетов исследуемых штаммов кольцом ($r = 20$ мм) на предварительно подсушенную в термостате при температуре 60 °С картофельно-сахарозную агаризованную среду в чашки Петри. Затем проводили их инкубацию при температуре 28 °С в течение 24 ч. В центр сформировавшегося кольца в опытных вариантах помещали мицелий микромицета *F. oxysporum f. lycopersici* и культивировали при комнатной температуре в течение 8-ми суток. В контрольных чашках фитопатоген выращивали изолированно от актиномицета. Ежедневно измеряли диаметр колоний фитопатогена, описывали их морфологию, отмечали изменение окраски колонии и субстрата.

Показатель ингибирования роста фитопатогена штаммами актиномицета р. *Streptomyces* рассчитывали на 4-е и 8-е сутки с использованием формулы, приведенной

в руководстве [8]. В качестве показателя «рост гриба» использовали радиус колонии гриба в направлении, перпендикулярном черте, делящей чашку на две равные половины.

Интенсивность спорообразования микромицета вычисляли на 8-е сутки [8].

Постановку опыта осуществляли в 8-кратной повторности. Данные, приведенные в таблицах, представлены в виде «среднее ± ошибка среднего». Статистическая обработка экспериментальных данных проведена с использованием программы Statistica 6.0. Достоверность результатов оценивали при уровне значимости $P \leq 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Экспериментальные исследования, позволяющие выявить антифузариозную активность изучаемых штаммов почвенного актиномицета р. *Streptomyces*, были выполнены в лабораторных условиях с использованием чистых культур патогена и предполагаемых антагонистов.

Анализ и обобщение экспериментальных данных позволили установить неоднозначную реакцию исследуемого патогена на присутствие штаммов актиномицета р. *Streptomyces* при их совместном культивировании. Результаты, представленные в таблице 1, свидетельствуют о том, что наибольшее подавление ростовой активности *F. oxysporum* f. *lycopersici* было выявлено при одновременном культивировании со штаммами 1 и 7 актиномицета р. *Streptomyces*. В указанных вариантах опыта показатель ингибирования, рассчитанный на 4-е сутки наблюдения, составил 46,6 и 44,5 % соответственно.

Видимое подавление роста возбудителя фузариоза томата было отмечено и в случае присутствия штамма 3: показатель ингибирования составил 31,4 %. Остальные изучаемые штаммы почвенного актиномицета рода *Streptomyces* не проявляли достаточно сильного антифунгального воздействия в отношении возбудителя фузариозного увядания томата. Учитываемый параметр колебался в диапазоне от 21 до 24 % (срок культивирования – 4 суток).

Совместное культивирование микромицета *F. oxysporum* f. *lycopersici* и штаммов актиномицета рода *Streptomyces* в течение 8-ми суток привело к усилению подавляющего воздействия штаммов 1 и 7. Показатель ингибирования увеличился примерно на 50 % и составил 70,7 и 68,3 % соответственно (табл. 1).

Внешние изменения, происходящие с колонией возбудителя фузариозного увядания томата при совместном культивировании со штаммами актиномицета рода *Streptomyces* в динамике, свидетельствуют о том, что после 2-дневного латентного периода микромицет трогался в рост, причем мицелий направлялся вверх, формируя колонию размером около 1 см. В дальнейшем мицелий погружался в искусственную

Таблица 1 – Рост фитопатогенного микромицета *F. oxysporum* f. *lycopersici* при совместном культивировании со штаммами актиномицета рода *Streptomyces*

Вариант опыта	Показатель ингибирования, %	
	на 4-е сутки	на 8-е сутки
<i>F. oxysporum</i> f. <i>lycopersici</i> + А 1	46,6 ± 0,3	70,7 ± 0,5
<i>F. oxysporum</i> f. <i>lycopersici</i> + А 2	21,7 ± 0,5	34,9 ± 0,1
<i>F. oxysporum</i> f. <i>lycopersici</i> + А 3	31,4 ± 0,2	51,3 ± 0,2
<i>F. oxysporum</i> f. <i>lycopersici</i> + А 7	44,5 ± 0,8	68,3 ± 0,4
<i>F. oxysporum</i> f. <i>lycopersici</i> + А 8	23,7 ± 0,6	38,1 ± 0,9
<i>F. oxysporum</i> f. <i>lycopersici</i> + А 9	22,8 ± 0,3	37,4 ± 0,6

Примечание. А 1, А 2, А 3, А 7, А 8, А 9 – штаммы 1, 2, 3, 7, 8, 9 актиномицета р. *Streptomyces* соответственно.

**РАЗДЕЛ 2. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА,
ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩЕЙ**

питательную среду, и колония размером около 2 см останавливала свой рост. При этом наблюдалось изменение окраски среды (рис. 1).

Следовательно, конкуренция за питательные вещества в присутствии антагониста может приводить к снижению плотности грибного мицелия. Аналогичные выводы содержатся в работе О. К. Струнниковой и др. [14], которые изучали развитие грибного мицелия *Fusarium culmorum* в присутствии микробов-антагонистов, в частности *Pseudomonas fluorescens*. В исследованиях, проведенных Л. И. Домрачевой и др. [4] и посвященных изучению взаимоотношений фитопатогенных грибов р. *Fusarium* (*F. oxysporum*, *F. culmorum*, *F. nivale*) с актиномицетами и цианобактериями, отмечена аналогичная закономерность. Данные, полученные нами [9–12] при анализе возможности применения штаммов актиномицета р. *Streptomyces* в качестве антагонистов изолятов возбудителя фузариозного увядания томата микромицета *F. oxysporum* f. *lycopersici* (Sacc.) и других видов фузариума (*Fusarium culmorum* ([W.G. Smith] Sacc.) и *Fusarium sulphureum* Schldl.), подтверждают выявленную закономерность.

Анализ результатов, представленных в таблице 1, указывает на то, что для остальных изучаемых штаммов почвенного актиномицета р. *Streptomyces* сохранилась аналогичная с предыдущим периодом наблюдения тенденция. Так, для штамма 3 отмечено усиление ингибирующего воздействия в 1,6 раза. В данном варианте опыта рассчитанный параметр составил 51,3 % (см. табл. 1).

При совместном культивировании со штаммом 3 начало роста колонии фузариума отмечалось по прошествии 2-х суток. Мицелий был пушистый приподнимающийся, белой окраски и на 8-е сутки наблюдения сформировал колонию диаметром порядка 3 см (рис. 2).

В вариантах одновременного культивирования со штаммами 2, 8 и 9 выявлено 15 %-е усиление негативного воздействия, отмеченное при окончательном учете (см. табл. 1). Наблюдения за характером роста возбудителя фузариозного увядания

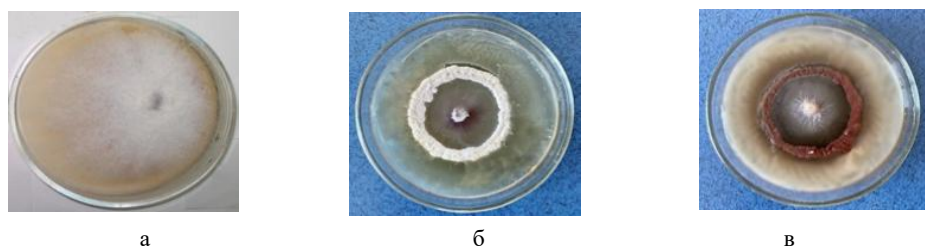


Рисунок 1 – Колония фитопатогенного микромицета *F. oxysporum* f. *lycopersici* при совместном культивировании со штаммами актиномицета р. *Streptomyces*: а – контроль; б – опыт (А 1); в – опыт (А 7)



Рисунок 2 – Колония фитопатогенного микромицета *F. oxysporum* f. *lycopersici* при совместном культивировании со штаммом 3 актиномицета р. *Streptomyces*: а – контроль; б – опыт

**РАЗДЕЛ 2. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА,
ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩЕЙ**

томата в присутствии штаммов 2, 8 и 9 свидетельствуют о том, что после 2-дневного латентного периода начинается активный рост мицелия типичной окраски и консистенции. По истечении 8-ми суток колония микромицета достигла кольца актиномицета и остановила свой рост (рис. 3).

Таким образом, оценка штаммов почвенного актиномицета р. *Streptomyces* на предмет их антифузариозной активности позволила дифференцировать штаммы на подавляющие и замедляющие в разной степени рост фитопатогенного микромицета. Аналогичное разделение приводится и в ранее проведенных нами исследованиях [9–12]. Следовательно, полученные результаты свидетельствуют о том, что штаммы 1 и 7 оказали наибольшее (более 68 %) ингибирующее воздействие на фитопатогенный микромицет *F. oxysporum* f. *lycopersici*. Их можно отнести к штаммам, которые подавляют развитие возбудителя фузариозного увядания томата. Это дает возможность применения их в качестве антагонистов для микромицета *F. oxysporum* f. *lycopersici*. Остальные изучаемые штаммы можно охарактеризовать как штаммы, приводящие к замедлению роста патогена.

Анализ данных, отражающих репродуктивную активность микромицета *F. oxysporum* f. *lycopersici* при совместном выращивании его со штаммами актиномицета р. *Streptomyces*, выявил снижение интенсивности спорообразования от центра колонии к ее краю во всех вариантах опыта. Так, в варианте культивирования возбудителя фузариозного увядания томата и штаммов 1 и 7 отмечено статистически достоверное ($p \leq 0,05$) уменьшение количества спор на единицу спороносящей поверхности по сравнению с контролем в 4 и 3 раза соответственно (табл. 2).

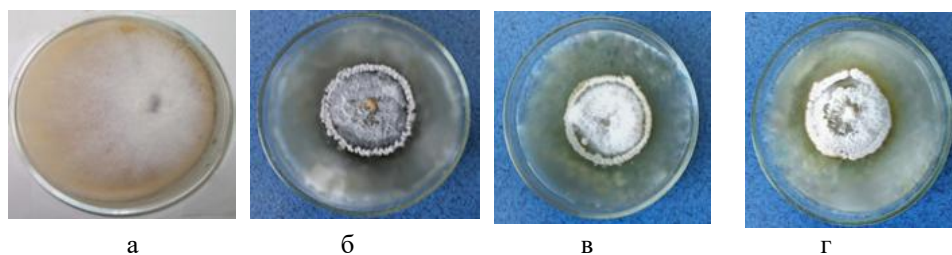


Рисунок 3 – Колония фитопатогенного микромицета *F. oxysporum* f. *lycopersici* при совместном культивировании со штаммами актиномицета р. *Streptomyces*:
а – контроль; б – опыт (А 2); в – опыт (А 8); г – опыт (А 9)

Таблица 2 – Репродуктивная активность фитопатогенного микромицета *F. oxysporum* f. *lycopersici* в присутствии штаммов актиномицета рода *Streptomyces*

Вариант опыта	Интенсивность спороношения, $\times 10^6$ шт/см ²	
	в центре колонии	с краю колонии
Контроль (<i>F. oxysporum</i> f. <i>lycopersici</i>)	18,6 ± 0,38	3,9 ± 0,06
<i>F. oxysporum</i> f. <i>lycopersici</i> + А 1	4,5 ± 0,19*	–
<i>F. oxysporum</i> f. <i>lycopersici</i> + А 2	14,3 ± 0,11*	2,8 ± 0,13*
<i>F. oxysporum</i> f. <i>lycopersici</i> + А 3	11,4 ± 0,52*	2,6 ± 0,22*
<i>F. oxysporum</i> f. <i>lycopersici</i> + А 7	5,7 ± 0,71*	–
<i>F. oxysporum</i> f. <i>lycopersici</i> + А 8	15,7 ± 0,19*	2,7 ± 0,19*
<i>F. oxysporum</i> f. <i>lycopersici</i> + А 9	13,3 ± 0,15*	2,9 ± 0,06*

Примечания. 1. А 1, А 2, А 3, А 7, А 8, А 9 – штаммы 1, 2, 3, 7, 8, 9 актиномицета р. *Streptomyces* соответственно.

2. Знак «–» означает отсутствие спороношения.

* Достоверно ($p \leq 0,05$) по сравнению с контролем для одноименного места измерения (центр или край колонии).

В варианте культивирования гриба *F. oxysporum* f. *lycopersici* и штамма 3 учитываемый параметр составил $11,4 \pm 0,52 \times 10^6$ шт/см², что в 1,6 раза ниже контрольного показателя (см. табл. 2).

Воздействие штаммов 2, 8 и 9 проявилось в статистически достоверном ($p \leq 0,05$) уменьшении продукции спор, хотя степень снижения была более слабой. Разница с контролем колебалась в диапазоне от 20 до 40 % (см. табл. 2).

Данные, представленные в таблице 2 и отражающие интенсивность спорообразования микромицета *F. oxysporum* f. *lycopersici* у края колонии, показывают аналогичную тенденцию воздействия тестируемых штаммов почвенного актиномицета р. *Streptomyces* на этот процесс. В ходе проведенных исследований нами было отмечено отсутствие спороношения возбудителя фузариозного увядания томата в вариантах совместного культивирования со штаммами 1 и 7. Кроме того, установлено статистически достоверное ($p \leq 0,05$) снижение (в 1,3–1,5 раза) учитываемого показателя при совместном культивировании с остальными исследуемыми штаммами почвенного актиномицета из р. *Streptomyces*.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Скрининг представленных коллекционных штаммов актиномицета рода *Streptomyces* на предмет их антифузариозной активности показал, что штаммы 1 и 7 оказали наибольшее (более 68 %) ингибирующее воздействие в отношении фитопатогенного микромицета *F. oxysporum* f. *lycopersici*. Их можно отнести к подавляющим рост возбудителя фузариозного увядания томата. Замедляющими этот процесс оказались штаммы 2, 3, 8 и 9, которые вызывали снижение роста патогена в диапазоне от 35 до 50 %.

Анализ данных, отражающих репродуктивную активность возбудителя фузариозного увядания томата при совместном культивировании его со штаммами актиномицета р. *Streptomyces*, выявил тенденцию снижения спорообразования патогена от центра колонии к ее краю практически во всех опытных вариантах либо полное отсутствие у края колонии, отмеченное при культивировании со штаммами 1 и 7.

Таким образом, полученные нами в ходе проведенных экспериментальных исследований сведения о возможных антагонистах среди почвенных актиномицетов р. *Streptomyces* могут быть использованы при разработке экологически безопасных защитных мероприятий против грибных инфекций.

Список литературы

1. Билай, В. И. Методы экспериментальной микологии / В. И. Билай. – Киев : Наукова думка, 1982. – 239 с.
2. Великанов, Л. Л. Экологические проблемы защиты растений от болезней / Л. Л. Великанов, И. И. Сидорова // Защита растений : сб. науч. ст. – М. : ВИНТИ, 1988. – С. 143.
3. Влияние штамма *Streptomyces hygrosopicus* A-4 на комплекс микромицетов – патогенов яровой мягкой пшеницы / И. Г. Широких [и др.] // Микология и фитопатология. – 2013. – Т. 47, вып. 6. – С. 410–416.
4. Домрачева, Л. И. Анализ межпопуляционных взаимодействий почвенных грибов и актиномицетов / Л. И. Домрачева, И. Г. Широких, А. И. Фокина // Микология и фитопатология. – 2009. – Т. 43, вып. 2. – С. 157–165.
5. Звягинцев, Д. Г. Экология актиномицетов / Д. Г. Звягинцев, Г. М. Зенова. – М. : ГЕОС, 2001. – 257 с.

6. Пидопличко, Н. М. Грибы-паразиты культурных растений: Определитель : в 3 т. – Киев : Наукова думка, 1977–1978. – Т. 2 : Грибы несовершенные, 1977. – 300 с.
7. Поликсенова, В. Д. Микозы томата: возбудители заболеваний, устойчивость растений / В. Д. Поликсенова. – Минск : БГУ, 2008. – С. 5–8.
8. Поликсенова, В. Д. Микология. Методы экспериментального изучения микроскопических грибов : метод. указания к занятиям спецпрактикума / В. Д. Поликсенова, А. К. Храпцов, С. Г. Пискун. – Минск : БГУ, 2004. – 36 с.
9. Раткевич, Е. Б. Антифунгальная активность грибов рода *Trichoderma* Pers.: Фг. и актиномицетов в отношении возбудителя фузариоза томата / Е. Б. Раткевич, С. Г. Сидорова // Клеточная биология и биотехнология растений : тез. докл. II Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 28–31 мая 2018 г. – Минск : Изд. центр БГУ, 2018. – С. 173–174.
10. Сидорова, С. Г. Антифунгальная активность актиномицетов в отношении возбудителя фузариоза томата / С. Г. Сидорова // Журн. Белорус. гос. ун-та. Биология. – 2019. – № 3. – С. 21–32.
11. Сидорова, С. Г. Антифунгальная активность почвенных актиномицетов в отношении микроскопических грибов рода *Fusarium* Link / С. Г. Сидорова // Овощеводство : сб. науч. тр. – 2019. – Т. 27. – С. 144–152.
12. Сидорова, С. Г. Фитопатогенные грибы рода *Fusarium* Link.: взаимоотношения с актиномицетами рода *Streptomyces* / С. Г. Сидорова // Биотехнология микроорганизмов : материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. проф. Ю. К. Фомичёву, Минск, 27–29 нояб. 2019 г. – Минск : Экоперспектива, 2019. – С. 198–201.
13. Скорина, В. В. Производство овощей в защищенном грунте Беларуси / В. В. Скорина, Д. А. Романько // Овощеводство : сб. науч. тр. – 2020. – Т. 28. – С. 149–156.
14. Струнникова, О. К. Развитие и взаимоотношение фитопатогенного гриба *Fusarium culmorum* и антагонистической бактерии *Pseudomonas fluorescens* в почве, ризосфере и на корнях ячменя / О. К. Струнникова, В. Ю. Шахнозаров, Н. А. Вишневецкая // Фитосанитарное оздоровление экосистем : материалы II Всерос. съезда по защите растений, Санкт-Петербург, 10 дек. 2005 г. : в 2 т. / Рос. акад. с.-х. наук, Всерос. науч.-исслед. ин-т защиты растений, Инновац. центр защиты растений ; редкол.: В. А. Павлюшин (гл. ред.) [и др.]. – СПб., 2005. – Т. 2. – С. 193–194.
15. Широких, И. Г. Антифунгальный потенциал актиномицетов в ризосфере ячменя на дерново-подзолистых почвах / И. Г. Широких // Почвоведение. – 2003. – № 4. – С. 458–464.
16. Широких, И. Г. Биологическая активность *Streptomyces hygroscopicus* против фитопатогенного гриба *Fusarium avenaceum* в ризосфере / И. Г. Широких, О. Е. Мерзаева // Микология и фитопатология. – 2008. – Т. 42, вып. 6. – С. 586–591.
17. Широких, И. Г. Комплекс актиномицетов в ризосфере озимой ржи на дерново-подзолистой почве / И. Г. Широких, О. В. Мерзаева // Микробиология. – 2005. – Т. 74, № 2. – С. 458–464.
18. Goodfellow, M. Ecology of streptomycetes / M. Goodfellow, K. E. Simpson // Frontiers Appl. Microbiol. – 1987. – № 2. – P. 97–125.
19. Hoster, F. Enrichment of chitinolytic microorganisms: isolation and characterization of a chitinase exhibiting antifungal activity against phytopathogenic fungi from a novel *Streptomyces* strain / F. Hoster, J. Schmitz, R. Daniel // Appl. Microbiol. Biotechnol. – 2005. – № 66. – P. 434–442.
20. Strap, J. L. Actinobacteria – plant interactions: A boon to agriculture. Bacteria in agrobiology: plant growth responses / J. L. Strap ; ed. D. K. Maheshwari. – Berlin; Heidelberg: Springer – Verlag, 2011. – P. 285–307.

21. Tarkka, M. Secondary Metabolites of Soil Streptomycetes in Biotic Interaction. Secondary Metabolites in Soil Ecology / M. Tarkka, R. Hampp ; ed. P. Karlovsky // Soil biology 14. – Berlin; Heidelberg: Springer – Verlag, 2008. – P. 107–126.

22. The complex extracellular biology of streptomycetes / K. F. Chater [et al.] // FEMS Microbiol. rev. – 2010. – № 34. – P. 171–198.

Поступила в редакцию 20.11.2023 г.

S. G. SIDOROVA

**SOIL ACTINOMYCETES G. *STREPTOMYCES* AS POSSIBLE
ANTAGONISTS OF THE CAUSATIVE AGENT OF FUSARIUM
WILT OF TOMATO**

SUMMARY

The laboratory evaluation of antifungal activity of collection strains of soil actinomycete g. Streptomyces according by the degree of inhibition of growth and spore formation of the causative agent of Fusarium wilt of tomato in pure culture conditions is given. The sparing effect of all studied actinomycete strains has been established. At the same time, strains 1 and 7 showed the greatest fungistatic effect. They can be recommended for the development of preparations with a complex effect, classified as environmentally friendly plant protection products.

Key words: Fusarium wilt; tomato; actinomycetes; inhibition; growth; spore formation; antagonist strains; screening.

УДК 635.21:581.144.4.044:631.523.11:577.21

А. А. Смирнов¹, младший научный сотрудник

Е. М. Кабачевская¹, кандидат биологических наук, доцент,
заведующий лабораторией биофизики и биохимии растительной клетки

И. И. Бусько², кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,
заведующий отделом иммунитета и защиты картофеля

И. Д. Волотовский¹, академик, доктор биологических наук, профессор,
главный научный сотрудник

¹ ГНУ «Институт биофизики и клеточной инженерии НАН Беларуси»,
г. Минск

² РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук
Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству»,
аг. Самохваловичи, Минский район

ЭКСПРЕССИЯ ГЕНОВ ФЕРМЕНТОВ МЕТАБОЛИЗМА КОРИЧНОЙ КИСЛОТЫ И ЕЕ ПРОИЗВОДНЫХ В ЛИСТЬЯХ КАРТОФЕЛЯ В УСЛОВИЯХ ЗАРАЖЕНИЯ ФИТОФТОРОЗОМ

РЕЗЮМЕ

Проведен анализ изменений экспрессии генов, кодирующих ферменты метаболизма коричной кислоты и ее производных, в клетках листьев картофеля сортов белорусской селекции с различной устойчивостью к фитофторозу в условиях 3-дневного заражения патогеном. Выявлены различия в профилях экспрессии изучаемых генов в зависимости от устойчивости исследованных сортов к фитофторозу и продолжительности инфицирования.

Ключевые слова: картофель; сорт; фитофтороз; фенилпропаноидный путь метаболизма; экспрессия генов.

ВВЕДЕНИЕ

Фенилпропаноидный путь метаболизма (ФПМ), на функционирование которого расходуется значительная часть всего фиксируемого растением углерода [1], является источником большого числа вторичных метаболитов, играющих роль в развитии защитных реакций растительного организма. Первый интермедиат ФПМ – коричная кислота, которая образуется из аминокислоты фенилаланина и является предшественником большого числа более сложных веществ: гидроксикоричных кислот (*p*-кумаровая, кофейная, хлорогеновая кислота и др.), амидов гидроксикоричных кислот, гликозидов, флавоноидов, лигнина и пр., играющих существенную роль в развитии ответных реакций растений на стрессовые факторы [2].

Активация генов ферментов ФПМ, вовлеченных в биосинтез защитных соединений, является ключевым фактором эффективного развертывания каскада иммунных реакций растений, направленных на ингибирование патогенеза [3]. Несмотря на накопление данных, касающихся роли различных ветвей ФПМ в ответе растений на стрессовые факторы, характер изменений экспрессии генов, кодирующих ферменты метаболизма коричной кислоты, при развитии ответной реакции растения на атаку патогенов в настоящее время изучен недостаточно.

Особый интерес представляет оценка количественных изменений экспрессии на уровне транскрипции генов ферментов ранних этапов ФПМ фенилаланин-аммиак-лиазы (*PAL*) и циннамат-4-гидроксилазы (*C4H*), а также гена синтеза амидов гидрокси-коричных кислот (АГКК) – тирамин-N-гидроксидинамоил-трансферазы (*THT*) в клетках листьев картофеля, при развитии их ответной реакции на заражение фитотфторой.

Так, *PAL* является первым ферментом в общем ФПМ. Этот фермент катализирует реакцию превращения фенилаланина в аммиак и коричную кислоту, что важно как для регуляции самого ФПМ, так и для контроля взаимодействия первичного и вторичного метаболизма в растительной клетке. Ферментативная активность *PAL* индуцируется целым рядом биотических и абиотических стрессовых состояний [1]. Имеются сведения, что во многих растительных тканях повышение активности *PAL* коррелирует с активностью ферментов, синтезирующих флавоноиды, а также изменением содержания флавоноидов, одной из основных защитных фенолов [2]. Кроме того, для некоторых видов растений показано, что биосинтез антоцианинов (антиоксиданты, определяют окраску плодов, листьев), хлорогеновой кислоты (регулятор роста, иммунопротектор в отношении грибковых и вирусных инфекций растений), кумарина (модулятор ростовых процессов и прорастания семян, иммунопротектор) и лигнина (структурный полифенол клеточной стенки) непосредственно сопряжен с активностью *PAL* [2].

Подавление экспрессии гена *PAL* в растениях табака приводит к проявлению целого ряда отклонений фенотипа, включая снижение роста, изменение формы листьев, снижение жизнеспособности пыльцы [4], а также к повышению восприимчивости в отношении грибковых инфекций, например, к грибковому патогену *Cercospora nicotianae* [5]. Растения с низкой ферментативной активностью *PAL* имеют более тонкие клеточные стенки во вторичной ксилеме и пониженное содержание лигнина [6].

Роль фермента *C4H* заключается в катализе реакции гидроксирования коричной кислоты до гидроксикоричной *p*-кумаровой кислоты. Эта реакция является важным промежуточным звеном в биосинтезе различных метаболитов, в том числе фенольных соединений, функционирующих в качестве структурных компонентов клеточной стенки (лигнина и суберина), УФ-защитных молекул (флавоноиды), антиоксидантов (полифенолы), антимикробных молекул (кумарины, лигнаны, изофлавоноиды) и пр. [7]. Больше всего данных о роли *C4H* имеется в отношении растения *Arabidopsis thaliana*. *C4H* является первой монооксигеназой ФПМ. В *Arabidopsis thaliana* описан только один ген *C4H* (*AtC4H*). *AtC4H* экспрессируется во всех тканях и реагирует на раневые повреждения и грибковые инфекции [8], что указывает на то, что он играет разнообразные функции в жизни растения.

Следует отметить, что *THT* является ключевым ферментом в синтезе АГКК и индуцируется в ответ на действие элиситоров, поранение органов растений и действие патогенных инфекций [9]. Сверхэкспрессия эндогенной *THT* в томатах повышает их устойчивость к *Pseudomonas syringae* за счет накопления АГКК – производных тирамина и октопамина [10].

АГКК представляют собой низкомолекулярные фенольные соединения, образующиеся в результате конденсации гидроксикоричных кислот, таких как *p*-кумаровая и феруловая, с различными аминами [11]. Эти фенольные соединения способны проявлять сильные антиоксидантные и химиотерапевтические эффекты и представляют важный класс биологически активных соединений с противовирусной, антибактериальной, противогрибковой и инсектицидной активностями [12].

Целью настоящего исследования была характеристика экспрессии генов ферментов *PAL*, *S4H* и *THT* в клетках листьев картофеля сортов белорусской селекции, различающихся по устойчивости к фитофторозу листьев, в условиях 3-дневного заражения патогеном *Phytophthora infestans*.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

В качестве объектов исследования были использованы листья растений картофеля сортов белорусской селекции (Уладар, Зорачка, Лилея, Скарб, Вектар), различающихся по устойчивости к фитофторозу листьев. Растения выращивались из клубней в условиях грунтовой теплицы на базе РУП «Научно-практический центр национальной академии наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству».

В возрасте 8 недель от растений картофеля отделялись сложные листья, которые использовались для проведения заражения и отбора образцов тканей. На контроль и опыт отводилось по 6 листьев каждого исследуемого сорта. Листья помещали на стеклянные плашки, обернутые смоченной водой фильтровальной бумагой. В опытной группе на каждую долю сложного листа наносилась капля раствора, содержащего конидии фитофторы (8–10 конидий в наблюдаемой зоне микроскопа при увеличении 120), что вызывало их заражение патогеном. В контрольной группе вместо раствора конидий использовали воду. Плашки с листьями помещались в специальные шкафы для инкубации в условиях высокой влажности.

Через одни, двое и трое суток после нанесения патогена и развития болезни собирались суммарные образцы тканей листьев для выделения пула общей РНК. Образцы помещались в 2,0 мл микроцентрифужные пробирки и замораживались в жидком азоте, а после доставки в лабораторию хранились в низкотемпературном морозильнике Thermo Forma-86С (Thermo Fisher Scientific, США) при температуре -72°C .

Гомогенизацию тканей и выделение общей РНК проводили с использованием реактива TRI-Reagent (Sigma-Aldrich, Германия) в соответствии с протоколом производителя. Содержание РНК в полученных препаратах оценивали на спектрофотометре NanoDrop 2000с (Thermo Fisher Scientific, США) путем измерения поглощения препаратов РНК при 260, 280 и 320 нм в соответствии с алгоритмом специализированной программы, предназначенной для измерения количества РНК, входящей в пакет программ спектрофотометра NanoDrop. Качество полученных препаратов тестировалось спектрофотометрически (по показателю A260/280, которое у чистых образцов должно составлять 2,0–2,2).

Синтез кДНК проводили с использованием ДНК-амплификатора Biometra T-1 (Analytik Jena, Германия) с режимом работы: обработка ДНКазой – 30 мин при $T = 37^{\circ}\text{C}$; инактивация ДНКазы – 10 мин при $T = 65^{\circ}\text{C}$; отжиг случайных гексамерных праймеров – 5 мин при $T = 65^{\circ}\text{C}$; синтез кДНК – 5 мин при $T = 25^{\circ}\text{C}$, 10 мин при $T = 42^{\circ}\text{C}$, 60 мин при $T = 70^{\circ}\text{C}$, 10 мин при $T = 10^{\circ}\text{C}$. Для синтеза кДНК использовали следующие реактивы: фермент ДНКазы (DNaseI, RNase-free, Thermo Fisher Scientific), гексамерные праймеры (Random hexamer, Thermo Fisher Scientific), ингибитор РНКазы (RiboLock RNase Inhibitor, Thermo Fisher Scientific), 10 мМ смесь дНТФ (dNTPSet, Thermo Fisher Scientific), фермент обратная транскриптаза (Revert Aid Reverse Transcriptase, Thermo Fisher Scientific), буферные растворы для работы используемых ферментов, ЭДТА (50 мМ EDTA, Thermo Fisher Scientific), вода без нуклеаз (Nuclease Free Water, Thermo Fisher Scientific).

ОТ-ПЦР (ПЦР, сопряженный с обратной транскрипцией) в реальном времени проводили на приборе CFX96 Touch™ Real-Time PCR Detection System с использованием набора мастер-микс Luna® Universal qPCR Master Mix (New England Biolabs, США) в соответствии с протоколом фирмы-производителя.

РАЗДЕЛ 2. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА, ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩЕЙ

Реакционная смесь для ПЦР содержала мастер-микс, UDG (урацил-ДНК-гликозилаза – используется для расщепления потенциально присутствующих в растворах контаминирующих ампликонов из предыдущих ПЦР), ген-специфические олигонуклеотидные ДНК-праймеры для амплификации кДНК транскриптов целевых генов *PAL*, *THT*, *C4H* или гена-нормализатора *EF1*, а также кДНК-матрицу [13]. В качестве гена-нормализатора использовали ген фактора элонгации картофеля *EF1 α* (AB061263; 5'–3'-последовательности праймеров – EF1S: ATGGGAAACGGATATGCTCCA, EF1A: TCCTTACCTGAACGCCTGTCA).

Расчет уровня относительной экспрессии *R* исследованных генов в клетках листьев картофеля проводили с помощью специализированной программы REST (relative expression software tool), версия REST-MCS с использованием Pair Wise Fixed Reallocation Randomisation Test© [14, 15]. Расчет и статистический анализ изменений относительного уровня экспрессии (*R*) для каждого из исследованных генов проводился в соответствии с требованиями используемой программы. В качестве биологического контроля при расчете уровней экспрессии целевых генов в каждый определенный день после заражения использовали листья картофеля, которые обрабатывались водой и пролежали в шкафах для инкубации то же время, что и соответствующие зараженные фитофторой образцы. Значение экспрессии гена в контрольных образцах принимается за единицу согласно алгоритму программы REST.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В рамках исследования были получены данные ОТ-ПЦР в реальном времени и проведен анализ динамики изменений относительной экспрессии генов *PAL*, *C4H*, *THT*, ассоциированных с ФПМ, в клетках листьев растений картофеля 5 сортов белорусской селекции с различной устойчивостью к фитофторозу листьев: Уладар, Зорачка, Лилея, Скарб, Вектар с баллами устойчивости 3, 4, 5, 5, 8 соответственно в первый, второй, третий день после заражения фитофторой. Выявлены различия в профилях экспрессии изучаемых генов в зависимости от устойчивости сорта и времени, прошедшего после начала инфицирования.

Анализ изменений экспрессии гена *PAL* позволил выявить следующие закономерности, отображенные на рисунке 1.

В первый день после заражения достоверное увеличение экспрессии гена наблюдалось только в тканях листьев высокоустойчивого сорта Вектар. Кроме того, отмечалась тенденция к росту накопления транскриптов *PAL* у среднеустойчивых сортов Скарб и Лилея. Ко вторым суткам заражения достоверно повышенный уровень экспрессии был отмечен у сорта Скарб. В листьях сорта Вектар уровень экспрессии *PAL* оставался таким же высоким, как и в первый день, однако отличия от контроля в данном случае не были статистически значимыми согласно REST-анализу. Отмечены были также тенденции к росту в растениях картофеля сортов среднеустойчивого сорта Лилея и низкоустойчивого сорта Уладар. В третий день заражения во всех исследованных сортах картофеля наблюдалась общая тенденция к снижению уровня экспрессии *PAL* до контрольных значений. Анализ возможных корреляционных связей между баллом устойчивости и уровнем экспрессии *PAL* выявил положительную связь между этими показателями в первый день после заражения (Спирман $r = 0,82$ при $p \leq 0,1$). Во второй и третий день различия между сортами сглаживаются.

В отношении гена *C4H* в первые сутки прослеживалась тенденция к росту экспрессии в тканях листьев картофеля высокоустойчивого сорта Вектар, а также сортов со средней устойчивостью Лилея и Зорачка (рис. 2). В сортах Уладар и Скарб отличий

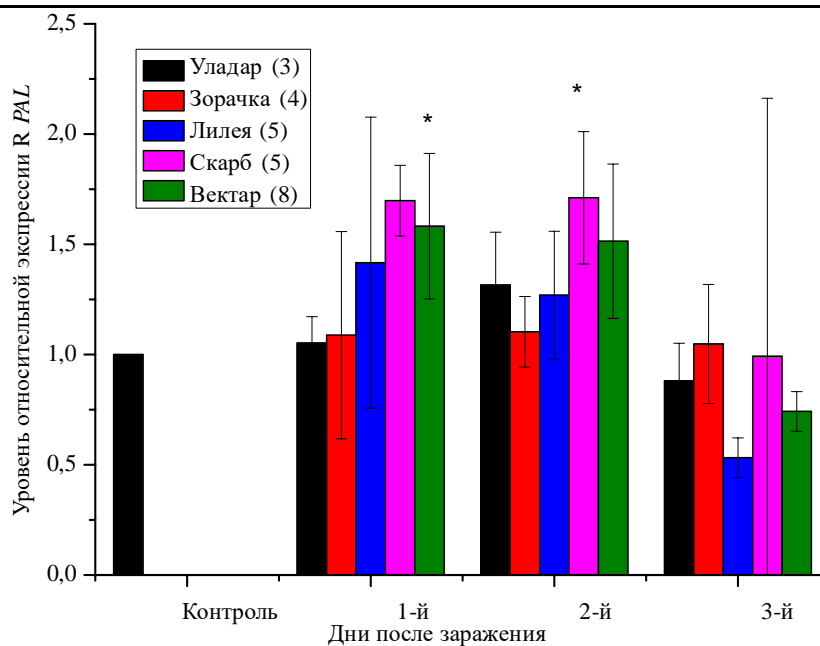


Рисунок 1 – Динамика изменений экспрессии *PAL* в тканях листьев растений картофеля сортов белорусской селекции в условиях 3-дневного заражения фитофторой

Примечание. На рисунках 1–4 в скобках указан балл устойчивости.

* Различия между контрольной и экспериментальной группой достоверны при величине $p \leq 0,05$.

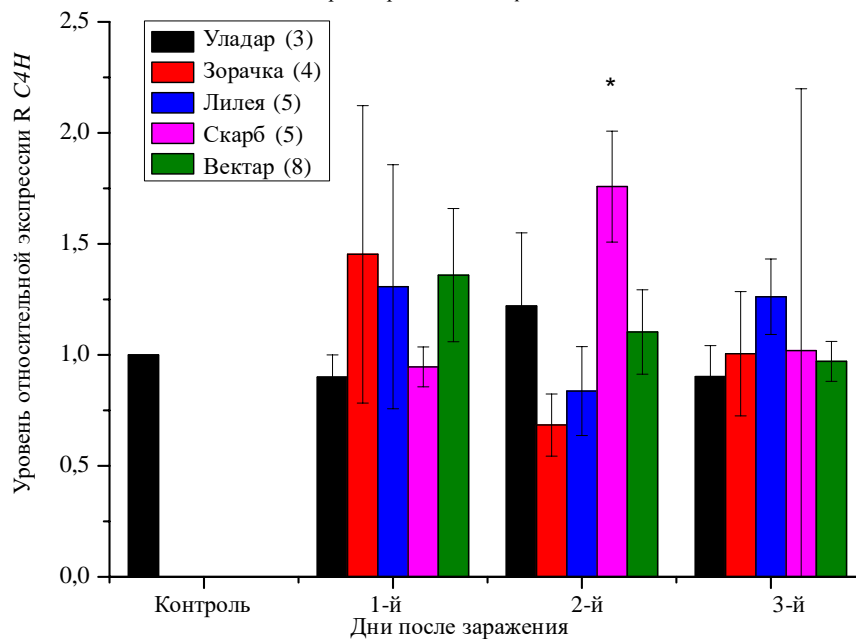


Рисунок 2 – Динамика изменений экспрессии *CHN* в тканях листьев растений картофеля сортов белорусской селекции в условиях 3-дневного заражения фитофторой

* Различия между контрольной и экспериментальной группой достоверны при величине $p \leq 0,05$.

РАЗДЕЛ 2. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА,
ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩЕЙ

от контроля не обнаружено. Во второй день заражения наблюдалась обратная картина: в сортах с тенденцией к накоплению транскриптов *С4Н* в первые сутки течения болезни (Лилея, Зорачка) заметно снижалось их количество на второй день эксперимента. В сорте Вектар отмечалось лишь незначительное снижение *С4Н*. При этом рост экспрессии наблюдался в сортах Уладар и Скарб, характеризовавшихся скорее низким уровнем в первые сутки заражения. В отношении Скарба рост экспрессии был весьма значительным и статистически достоверным. К третьим суткам заражения уровень экспрессии *С4Н* не отличался от контрольных значений. В целом можно сказать, что экспрессия *С4Н* на уровне транскрипции не претерпевала существенных изменений в ответ на заражение листьев фитофторой в условиях эксперимента.

Наибольшее количество статистически достоверных изменений было получено при анализе динамики уровня экспрессии гена *ТНТ* (рис. 3). В первые сутки после заражения достоверно повышенным уровнем экспрессии данного гена характеризовался только высокоустойчивый сорт Вектар. Небольшая тенденция к накоплению транскриптов отмечалась у сорта Зорачка. Понижение уровня экспрессии было обнаружено в отношении сорта Скарб. Во вторые сутки эксперимента была отмечена тенденция к повышению уровня экспрессии в сортах Зорачка и Лилея. Экспрессия гена в сорте Вектар практически не изменилась по сравнению с первым днем заражения. Особенно интересно отметить резкий достоверный рост уровня экспрессии *ТНТ* в растениях картофеля Скарб и Уладар (в первый день они характеризовались ее пониженным уровнем). В растениях низкоустойчивого сорта прослеживался максимальный уровень экспрессии данного гена. К третьим суткам снова наблюдался резкий спад количества транскриптов *ТНТ* в сортах Уладар, Лилея и Скарб (при этом во второй день

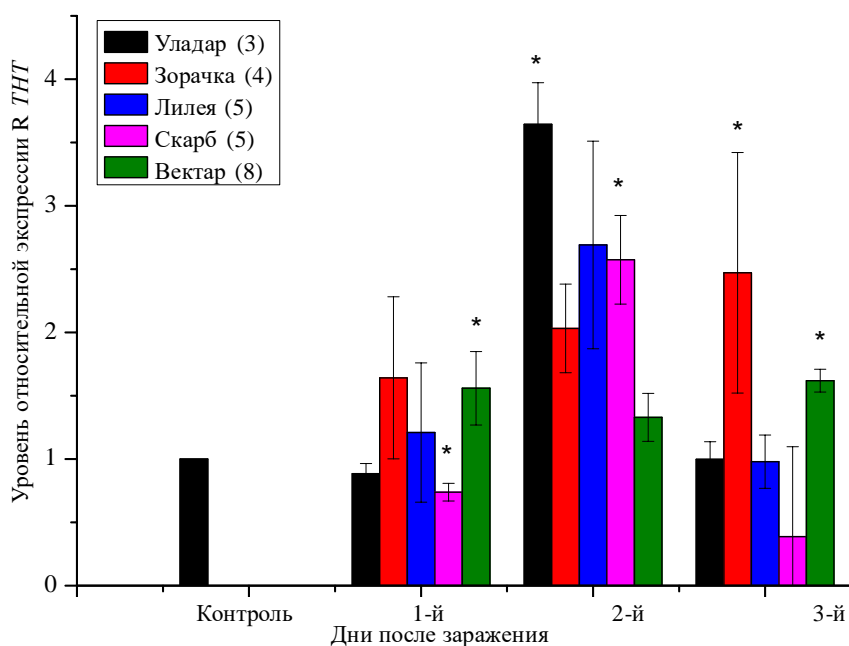


Рисунок 3 – Динамика изменений экспрессии *ТНТ* в тканях листьев растений картофеля сортов белорусской селекции в условиях 3-дневного заражения фитофторой

* Различия между контрольной и экспериментальной группой достоверны при величине $p \leq 0,05$.

данные сорта характеризовались повышенным уровнем экспрессии). Только в сортах Зорачка и Вектар уровень экспрессии гена *THT* оставался достоверно выше контроля.

При детальном рассмотрении и характеристике изменений экспрессии исследованных генов *PAL*, *C4H* и *THT* можно отметить следующие закономерности:

– в листьях высокоустойчивого к фитофторозу сорта Вектар в первый день после заражения листьев наблюдалось достоверное увеличение экспрессии генов *PAL* и *THT*, которая оказалась почти на 60 % выше, чем в клетках незараженного контроля. Также прослеживалась тенденция к увеличению уровня экспрессии *C4H* (более чем на 30 %). Ни для каких других сортов в первый день после инфицирования увеличения экспрессии изученных генов не выявлено. На вторые сутки заражения в листьях сорта Вектар по-прежнему сохранялся повышенный уровень экспрессии целевых генов, хотя уровень экспрессии *C4H* был ближе к контрольному. На третьи сутки заражения в листьях сорта Вектар уровень экспрессии *PAL* и *C4H* находился на контрольном уровне, в то время как уровень экспрессии *THT* оставался высоким (примерно на 60 % выше контроля);

– в тканях листьев картофеля низкоустойчивого сорта Уладар в первые сутки заражения фитофторой не наблюдалось видимых изменений в экспрессии трех исследованных генов. Только на второй день проявилось увеличение уровня генов ферментов ФПМ, особенно ярко был выражен рост для *THT* (более чем в 3 раза по сравнению с незараженным контролем), в то время как для генов *PAL* и *C4H* рост лишь на 20–30 %. На третий день после заражения наметившиеся у сорта Уладар на второй день тенденции к росту генной экспрессии изученных генов исчезали, возвращаясь практически к контрольному уровню, свойственному незараженным листьям того же временного интервала.

В отношении сортов со средней устойчивостью обнаружены следующие закономерности: наибольшую чувствительность к патогенной атаке проявлял сорт Скарб, в листьях которого на второй день после заражения значительно увеличивалась экспрессия всех трех целевых генов по сравнению с незараженным контролем, однако далее она снижалась до уровня контрольных значений. В сортах Лилея и Зорачка достоверных изменений экспрессии практически не наблюдалось, за исключением экспрессии *THT* в сорте Зорачка, которая значительно увеличивалась на третий день после заражения.

При сравнительном анализе такой условной величины, как отношение суммы значений относительных экспрессий генов первичных реакций ФПМ *PAL* и *C4H* к относительной экспрессии гена биосинтеза АГКК *THT* (рис. 4), обнаружен интересный факт: на второй день заражения листьев фитофторой вышеуказанный показатель у высокоустойчивого сорта Вектар существенно превышал значения у других исследованных сортов. Более того, выявлена положительная корреляция между величиной балла устойчивости сорта и значением данного показателя (коэффициент корреляции по Спирмену $r = 0,82$ ($p \leq 0,1$)). В другие дни сильных корреляционных связей по этому показателю не выявлено. Аномально высокими значениями данный показатель характеризуется в сорте Скарб в первый и третий день после заражения, что, вероятно, объясняется специфическими особенностями метаболизма полифенолов данного сорта. Возможно, для формирования устойчивости сортов к развитию инфекции за счет поддержания определенного соотношения активности различных ветвей ФПМ и присутствия на каждом временном этапе тех или иных групп фенилпропаноидных соединений.

Следует отметить, что в листьях сорта картофеля зарубежной селекции Cooperation-88, являющегося результатом скрещивания I-1085, клона из Индии, распространяемого Международным центром картофеля, и пыльцы высокоустойчивой популяции, происходящей от *Solanum andigena* из Перу, после заражения наблюдается увеличение экспрессии генов, контролирующих синтез полифенолов [16]. Данный сорт широко

РАЗДЕЛ 2. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА,
ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩЕЙ

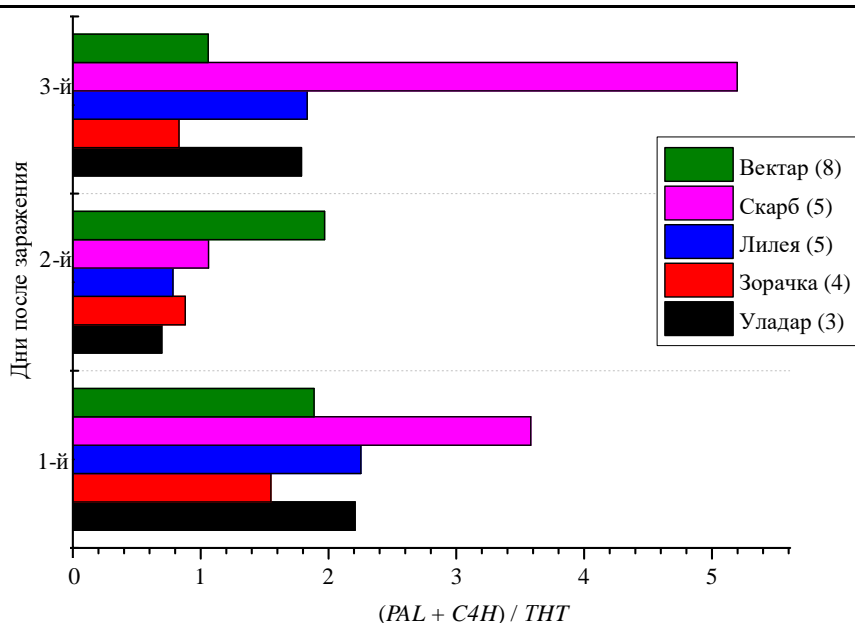


Рисунок 4 – Отношение суммарной экспрессии генов первичных реакций ФПМ *PAL* и *C4H* к экспрессии гена биосинтеза амидов ГКК *THT*

культивируется во всем мире и является уникальным в том смысле, что в течение более 20 лет сохраняет высокую устойчивость к фитофторозу [17], в том числе к супер-расам изолятов фитофторы IPO 428-2 и XA-4. В его геноме обнаружены множественные гены устойчивости – R1, R2, R3a и Rpi-b1b1 и их гомологи. Индуцированное фитофторозной инфекцией увеличение экспрессии отдельных генов *PAL* в клетках листьев данного сорта более чем в 2 раза выше, чем наблюдаемое нами в сорте Вектар, что, вероятно, становится возможным благодаря широкой линейке R-генов в геноме Cooperation-88.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные данные указывают на то, что в клетках листьев картофеля после их заражения фитофторой изменяется экспрессия на уровне транскрипции генов основных ферментов первичного этапа ФПМ *PAL* и *C4H*, а также гена фермента синтеза АГКК *THT*. Наибольшую отзывчивость к заражению фитофторой проявляла экспрессия *PAL* и *THT*. Изменения в экспрессии *C4H* были незначительными, что, возможно, указывает на посттранскрипционную регуляцию этого гена. Характер ответов зависел от времени, прошедшего после начала заражения листьев и от сорта картофеля. Наиболее быстрой и стабильной индукцией экспрессии генов *PAL* и *THT* характеризовался высокоустойчивый к фитофторозу листьев сорт Вектар. Сильных корреляционных связей между баллом устойчивости сорта и уровнем экспрессии изученных генов не выявлено, за исключением экспрессии *PAL* в первый день после заражения, где отмечается прямая корреляция между этими двумя показателями. Возможно, влияние изменений экспрессии *PAL*, *C4H* и *THT* на развитие защитных реакций сортов картофеля связано не со значительным повышением уровня транскриптов того или иного гена, а скорее с некой последовательностью индукции генов в разные периоды после инфицирования.

Практически для всех протестированных сортов свойственно повышение (или тенденция к нему) экспрессии *ТНТ*, особенно на второй день после заражения, что указывает на важную роль АГКК в развитии ответов на патогенную атаку. В данном контексте интересным представляется изучение динамики экспрессии генов ферментов других ключевых звеньев ФПМ, например, ответственных за образование монолигнолов – мономеров лигнина, играющего важную роль в укреплении клеточной стенки и защите растений.

Список литературы

1. Aharoni, A. Metabolic engineering of the plant primary-secondary metabolism interface / A. Aharoni, G. Galili // *Curr. Opin. Biotechnol.* – 2011. – № 22. – P. 239–244.
2. Zhang, X. Multifaceted regulations of gateway enzyme phenylalanine ammonia-lyase in the biosynthesis of phenylpropanoids / X. Zhang, C. J. Liu // *Mol. Plant.* – 2015. – № 8. – P. 17–27.
3. Role of phenolic compounds in plant-defensive mechanisms. In: *Plant Phenolics in Sustainable Agriculture* / S. Kumar [et al.]. – Singapore : Springer, 2020. – P. 517–532.
4. Jones, D. H. Phenylalanine ammonia-lyase. Regulation of its induction, and its role in plant development / D. H. Jones // *Phytochemistry.* – 1984. – № 23. – P. 1349–1359.
5. Abnormal Plant Development and Down-Regulation of Phenylpropanoid Biosynthesis in Transgenic Tobacco Containing a Heterologous Phenylalanine Ammonia-Lyase Gene / Y. Elkind [et al.] // *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* – 1990. – № 87 (22). – P. 9057–9061.
6. Increased disease susceptibility of transgenic tobacco plants with suppressed levels of preformed phenylpropanoid products / E. A. Maher [et al.] // *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* – 1994. – № 91. – P. 7802–7806.
7. Wei, K. Global identification, structural analysis and expression characterization of cytochrome P450 monooxygenase superfamily in rice / K. Wei, H. Chen // *BMC Genomics.* – 2018. – № 19 (1). – P. 35.
8. Genome-wide characterization of the lignification toolbox in *Arabidopsis* / J. Raes [et al.] // *Plant Physiol.* – 2003. – № 133. – P. 1051–1071.
9. Facchini, P. J. Hydroxycinnamic acid amide metabolism: Physiology and biochemistry / P. J. Facchini, J. Hagel, K. G. Zulak // *Can. J. Bot.* – 2002. – № 80. – P. 577–589.
10. Transgenic tomato plants overexpressing tyramine N-Hydroxycinnamoyltransferase exhibit elevated hydroxycinnamic acid amide levels and enhanced resistance to *Pseudomonas syringae* / L. Campos [et al.] // *MPMI.* – 2014. – V. 27. – P. 1159–1169.
11. Hohnfeld, H. Purification of hydroxycinnamoyl-CoA: tyramine hydroxycinnamoyltransferase from cell-suspension cultures of *Solanum tuberosum* L. / H. Hohnfeld, D. Scheel, D. Strack // *Planta (Heidelb.)*. – 1996. – № 199. – P. 166–168.
12. A novel polyamine acyltransferase responsible for the accumulation of spermidine conjugates in *Arabidopsis* seed / J. Luo [et al.] // *Plant Cell.* – 2009. – № 21(1). – P. 318–333.
13. Базальный уровень экспрессии генов ферментов метаболизма коричной кислоты в листьях растений картофеля *in vitro* сортов белорусской селекции / Е. М. Кабачевская [и др.] // *Картофелеводство : сб. науч. тр. / Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству ; редкол. : В. Л. Маханько (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2020. – Т. 28. – С. 51–55.*
14. Michael, W. New mathematical model for relative quantification in real-time RT-PCR / W. Michael, A. Pfaffl // *Nucleic Acids Research.* – 2001. – V. 29, № 9. – P. 45.

15. Pfaffl, M.W. Relative expression software tool (REST) for group-wise comparison and statistical analysis of relative expression results in real-time PCR / M. W. Pfaffl, G. W. Horgan, L. Dempfle // *Nucleic Acids Res.* – 2002. – V. 30, № 9. – P. 36.

16. Multiple R genes and phenolic compounds synthesis involved in the durable resistance to *Phytophthora infestans* in potato cv. Cooperation 88 / Dahai Hao [et al.] // *Agri. Gene.* – 2018. – V. 8. – P. 28–36.

17. Cooperation-88: A High Yielding, Multi-Purpose, Late Blight Resistant Cultivar Growing in Southwest China / C. Li [et al.] // *Am. J. Pot. Res.* – 2011. – Vol. 88. – P. 190–194.

Поступила в редакцию 05.12.2023 г.

A. A. SMIRNOV, E. M. KABACHEVSKAYA, I. I. BUSKO,
I. D. VOLOTOVSKIY

EXPRESSION OF GENES FOR METABOLIC ENZYMES OF CINNAMIC ACID AND ITS DERIVATIVES IN POTATO LEAVES UNDER CONDITIONS OF LATE BLIGHT INFECTION

SUMMARY

An analysis of changes in the expression of genes encoding enzymes for the metabolism of cinnamic acid and its derivatives was carried out in the leaf cells of potato varieties of Belarusian selection with different levels of resistance to late blight under conditions of 3-day infection with the pathogen. Differences in the expression profiles of the studied genes were revealed depending on the resistance of the studied varieties to late blight and the duration of infection.

Key words: potato; variety; late blight; phenylpropanoid metabolic pathway; gene expression.

УДК 635.63/.64:631.86:631.544.4

М. Ф. Степуро, доктор сельскохозяйственных наук, доцент,
заведующий лабораторией технологических исследований

А. В. Михнюк, соискатель

РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук
Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству»,
аг. Самохваловичи, Минский район

ВЛИЯНИЕ НОВЫХ ГУМИНОВОСОДЕРЖАЩИХ УДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ, ТОВАРНОСТЬ И БИОХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ТОМАТА И ОГУРЦА В ВЕСЕННЕ-ЛЕТНИХ ТЕПЛИЦАХ

РЕЗЮМЕ

Представлены результаты исследований эффективности использования гуминовосодержащих удобрений и их влияния на продуктивность, качество, биохимический состав плодов томата и огурца. Установлено, что наибольшая урожайность плодов томата (13,8 кг/м²) получена при внесении Гумилэнд Си 1,0 л/га на фоновой дозе $N_{90}P_{90}K_{120}$. Максимальная урожайность плодов огурца составила 14,9 кг/м² при применении Гумилэнд Zn 0,8 л/га на фоновой дозе $N_{120}P_{90}K_{120}$. Прибавка составила 33 и 26 % по томату и огурцу соответственно.

Ключевые слова: гуминовосодержащие удобрения; урожайность; товарность; томат; огурец; сухое вещество; сумма сахаров; витамин С; нитраты.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время одной из важнейших задач агропромышленного комплекса страны является обеспечение населения разнообразными овощами, которые имеют огромное значение не только для поддержания жизненных сил человека, но и как действенные лечебные средства. Лечебные свойства овощей обусловлены наличием в них разнообразных по составу и строению химических веществ, обладающих широким фармакологическим спектром действия на организм.

На томат, как ведущую овощную культуру защищенного грунта, приходится около 60 % площадей теплиц. Плоды томата – это источник комплекса витаминов, органических кислот, минеральных и других веществ, которые необходимы для поддержания здоровья и активной жизнедеятельности человека [1, 8].

Второй по распространенности культурой после томата в защищенном грунте является огурец. В большинстве районов южной зоны нашей страны огурец с давних времен одна из наиболее любимых населением овощных культур [4]. Ценятся плоды огурца в основном за их вкусовые качества. Вкус и запах свежих плодов огурца обусловлены наличием в них свободных органических кислот и эфирного масла. Также они содержат большое количество витаминов, солей органических кислот и других веществ, которые нормализуют пищеварение, повышают усвоение в организме других продуктов питания, особенно белков и минеральных веществ. При потреблении плодов огурца повышается аппетит, улучшается усвоение пищи организмом [1, 8].

Известно, что кроме пищевой ценности плоды огурца обладают важными качествами, используемыми в медицине. Со времен Гипократа за этим овощем закрепилась

слава целебного растения. Огурцы рекомендуют употреблять при плохом аппетите и пониженной кислотности. Плоды огурца помогают усвоению белков и жиров из другой пищи. Клетчатка огурцов частично помогает выведению холестерина из организма, тем самым предупреждает развитие атеросклероза.

Для повышения урожайности плодов томата и огурца и улучшения их качества при производстве в весенне-летних теплицах важное значение приобретают новые жидкие гуминовосодержащие удобрения, получаемые из торфяного сырья, содержащие макро- и микроэлементы, а также биологически активные добавки – регуляторы роста и развития растений, особенно в условиях защищенного грунта [2, 4, 5, 9, 10]. Оценка действия гуминовосодержащих удобрений является составной частью ресурсосберегающей технологии, в основу которой положена оптимизация веществ в период роста и развития растений [7, 8].

В настоящее время актуальной задачей является использование новых сложных форм гуминовосодержащих удобрений, способствующих оптимизации условий для роста и развития растений, получению высокой урожайности плодов овощных культур. Однако исследований по применению гуминовосодержащих удобрений при выращивании томата и огурца в почвенно-климатических условиях Республики Беларусь не проводилось.

При интенсивном ведении овощеводства в весенне-летних теплицах в отдельные периоды роста и развития растения томата и огурца испытывают недостаток в микроэлементах в почвогрунте, поэтому применение гуминовосодержащих удобрений, содержащих микроэлементы, обеспечивает повышение продуктивности данных культур, что обуславливает актуальность проводимых исследований.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Полевые опыты на томате и огурце проводили в течение 2022 и 2023 гг. в весенне-летних теплицах РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству». Почвогрунт в теплицах характеризовался легким механическим составом. Из азотных минеральных удобрений использовали карбамид (46 %), фосфорных – двойной суперфосфат (45 %) и калий хлористый (55 %). В качестве объекта исследований выступили гибрид томата Тойво F₁ и огурца Альшаны F₁. Площадь опытной делянки 7,2 м². Повторность опытов – 4-кратная. Под томат вносили фоновую дозу N₉₀P₉₀K₁₂₀, а под огурец – N₁₂₀P₉₀K₁₂₀.

Из гуминовосодержащих удобрений использовали: ЭлеГум комплекс, содержащий β-гумин – 0,5 г/л, медь – 2, марганец – 2, цинк – 2,5, бор – 2,5 г/л; Гидрогумин, содержащий аммиачный азот – 2,2–2,3 г/л, окиси магния – 2,1–2,2, окиси кальция – 7,2–7,5 г/л, имеет концентрацию солей – 22,5 %, рН_{KCl} – 9,2; Тезорро, содержащий гуминовые кислоты – 40 г/л, калий – 15, азот – 180, бор – 1,2, молибден – 0,12, йод – 0,16 г/л; жидкое удобрение Гумилэнд Zn, содержащее Zn 7,0–13,0 г/л, массовая доля сухого вещества – не менее 1 %, гуминовые кислоты – 10 %, фульвовые кислоты – 10, N общ. – 2, P₂O₅ – 0,3, K₂O – 1 %, продукт гидролитической переработки биогумуса; жидкое удобрение Гумилэнд Cu, содержащее Cu 2,0–6,0 г/л, массовая доля сухого вещества – не менее 1 %, гуминовые кислоты – 10 %, фульвовые кислоты – 10, N общ. – 2, P₂O₅ – 0,3, K₂O – 1 %, продукт гидролитической переработки биогумуса.

Томат Тойво F₁ – среднеплодный высокоурожайный индетерминантный гибрид со сбалансированным вегетативно-генеративным ростом. Растение открытое, сильное, генеративного типа, междоузлия сравнительно короткие. Плоды округлые, массой 130–180 г, очень плотные, яркие, темно-красные, без зеленого пятна,

не растрескиваются и не осыпаются. Отличаются прекрасной транспортабельностью и лежкостью. Vegetационный период – 75 дней.

Огурец Альшаны F₁ – ранний гибрид с интенсивной отдачей. Растение генеративное, открытого типа. Формирует по 2–4 темно-зеленых плода в каждом узле на протяжении всего вегетационного периода. Не сбрасывает завязь в стрессовых условиях. Устойчив к мучнистой росе, высокоустойчив к вирусу мозаики огурца и кладоспориозу. Транспортабельный и лежкий. Период вегетации 40–52 дня.

Закладка и проведение опытов осуществлялись в соответствии с требованиями «Методики полевого опыта» Б. А. Доспехова [6], «Методики опытного дела в овощеводстве и бахчеводстве» В. Ф. Белика [3]. Полученные в результате исследований данные подвергались статистической обработке дисперсионным методом по Б. А. Доспехову [6] с использованием табличного редактора.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Установлено, что наиболее экологически и экономически выгодно использовать гуминовосодержащие удобрения в качестве некорневых подкормок в период вегетации растений томата и огурца в весенне-летних теплицах. Проведенные исследования свидетельствуют, что при выращивании томата некорневая подкормка жидким гуминовосодержащим удобрением Гумилэнд Су 1 л/га на фоновой дозе N₉₀P₉₀K₁₂₀ повышает урожайность плодов томата гибрида Тойво F₁ на 3,4 кг/м² (табл. 1). Прибавка составила 33 % по сравнению с урожайностью 10,4 кг/м² на контрольном варианте.

Выявлено, что при применении Гумилэнд Су в дозе 1 л/га в качестве некорневой подкормки вместо препарата Гумилэнд 2,8 л/га урожайность плодов томата повысилась на 0,9 кг/м², или 7 %. При использовании гуминовосодержащих удобрений Гидрогумин 3,6 л/га, ЭлеГум 5 л/га и Тезорро 2,4 л/га получена урожайность плодов томата на уровне 11,9–12,4 кг/м², это на 1,4–1,9 кг/м² ниже урожайности в 13,8 кг/м² с применением удобрения Гумилэнд Су 1 л/га.

Товарность плодов томата при внесении гуминовосодержащих удобрений в среднем повысилась на 4 %, в том время как в варианте с Гумилэнд Су 1 л/га возросла на 6 %.

Определенное влияние оказали гуминовосодержащие удобрения на урожайность плодов огурца в весенне-летних теплицах. При применении удобрения Гумилэнд Zn 0,8 л/га в качестве некорневой подкормки растений огурца получена максимальная урожайность 14,9 кг/м² – это на 0,8 кг/м² выше урожайности в варианте внесения только Гумилэнд 2,8 л/га (14,1 кг/м²) и выше урожайности в 13,2–13,4 кг/м² при использовании ЭлеГум 4,8 л/га и Гидрогумин 3,4 л/га. Прибавка от использования Гумилэнд Zn 0,8 л/га находилась в среднем на уровне 1,2 кг/м², или 9 %.

Таблица 1 – Влияние гуминовосодержащих удобрений на урожайность плодов томата в весенне-летних теплицах, 2022–2023 гг.

Вариант	Урожайность, кг/м ²	Прибавка		Товарность, %
		кг/м ²	%	
Без обработки (контроль)	10,4	–	–	89
Гидрогумин, 3,6 л/га	12,1	1,7	16	92
ЭлеГум, 5 л/га	11,9	1,5	14	91
Гумилэнд, 2,8 л/га	12,9	2,5	24	94
Гумилэнд Су, 1,0 л/га	13,8	3,4	33	95
Тезорро, 2,4 л/га	12,4	2,0	19	92
НСР ₀₅	0,38	–	–	–

**РАЗДЕЛ 2. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА,
ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩЕЙ**

Товарность плодов огурца при внесении Гумилэнд Zn 0,8 л/га повысилась на 8 % к контролю, а к другим гуминовосодержащим удобрениям – на 3 % (табл. 2).

В результате исследований применения гуминовосодержащих удобрений в сочетании с дозами минеральных удобрений на культуре томата установлено, что количество сухого вещества в плодах изменялось с 6,8 до 7,1 %. Содержание суммы сахаров в плодах томата в зависимости от видов применяемых гуминовосодержащих удобрений, внесенных в виде некорневых подкормок, варьировалось на уровне 3,1–3,6 %. Наименьший уровень 3,1 % отмечен при выращивании томата без обработки (контроль). При внесении в качестве некорневой подкормки удобрения Гумилэнд Cu 1 л/га существенно повысилось (на 0,5 %) содержание суммы сахаров по сравнению с контролем.

Благодаря содержанию витамина С в плодах томат отличается своими высокими питательными и вкусовыми качествами, легко усваивается организмом, оказывает регулирующее действие на весь процесс обмена веществ. Наибольшее содержание витамина С – 21,68–21,72 мг% отмечено в плодах, выращиваемых при использовании удобрений Гумилэнд 2,8 л/га и Гумилэнд Cu 1,0 л/га. Содержание нитратов в плодах томата мало зависело от вида гуминовосодержащего удобрения и находилось на уровне 31–34 мг/кг сырой массы, что значительно ниже предельно допустимого количества (табл. 3).

Помимо влияния на величину урожайности и уровень товарности огурца в весенне-летних теплицах, определенное действие оказывали рассматриваемые виды гуминовосодержащих удобрений на изменение биохимического состава плодов. Применение данных удобрений не ухудшало биохимические показатели огурца.

При внесении Гумилэнд Zn 0,8 л/га и Гумилэнд 2,6 л/га содержание в плодах огурца сухого вещества увеличилось на 0,3–0,4 %, суммы сахаров – на 0,2 % относительно фоновый вариант без внесения некорневых подкормок.

Таблица 2 – Влияние гуминовосодержащих удобрений на урожайность плодов огурца в весенне-летних теплицах, 2022–2023 гг.

Вариант	Урожайность, кг/м ²	Прибавка		Товарность, %
		кг/м ²	%	
Без обработки (контроль)	11,8	–	–	86
Гидрогумин, 3,4 л/га	13,4	1,6	14	90
ЭлеГум, 4,8 л/га	13,2	1,4	12	89
Гумилэнд, 2,6 л/га	14,1	2,3	19	93
Гумилэнд Zn, 0,8 л/га	14,9	3,1	26	94
Тезорро, 2,2 л/га	14,2	2,4	20	92
НСР ₀₅	0,36	–	–	–

Таблица 3 – Влияние гуминовосодержащих удобрений на биохимический состав плодов томата в весенне-летних теплицах, 2022–2023 гг.

Вариант	Сухое вещество, %	Сумма сахаров, %	Витамин С, мг%	Нитраты, мг/кг
Без обработки (контроль)	6,9	3,1	20,57	29
Гидрогумин, 3,6 л/га	6,9	3,2	20,82	31
ЭлеГум, 5 л/га	6,8	3,4	20,97	33
Гумилэнд, 2,8 л/га	7,0	3,4	21,72	33
Гумилэнд Cu, 1,0 л/га	7,1	3,6	21,68	32
Тезорро, 2,4 л/га	6,9	3,3	21,44	34
НСР ₀₅	0,18	0,22	0,38	0,44

**РАЗДЕЛ 2. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА,
ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩЕЙ**

В плодах огурца также содержится значительное количество витамина С. Наибольшее его содержание 13,11–13,43 мг% отмечено в плодах, выращиваемых с обработкой Гумилэнд 2,6 л/га и Гумилэнд Zn 0,8 л/га.

Анализ биохимических показателей плодов огурца показал, что в вариантах с исследуемыми препаратами содержание нитратов повысилось на 10–17 мг/кг сырой массы. Минимальное увеличение содержания нитратов на 10 мг/кг наблюдалось при внесении препарата Гумилэнд Zn 0,8 л/г (табл. 4).

Таблица 4 – Влияние гуминовосодержащих удобрений на биохимический состав плодов огурца в весенне-летних теплицах, 2022–2023 гг.

Вариант	Сухое вещество, %	Сумма сахаров, %	Витамин С, мг%	Нитраты, мг/кг
Без обработки (контроль)	4,7	1,6	10,41	22
Гидрогумин, 3,4 л/га	4,7	1,5	12,21	33
ЭлеГум, 4,8 л/га	4,6	1,5	12,08	39
Гумилэнд, 2,6 л/га	5,0	1,8	13,11	38
Гумилэнд Zn, 0,8 л/га	5,1	1,8	13,43	32
Тезорро, 2,2 л/га	4,9	1,7	12,89	37
НСР ₀₅	0,24	0,18	0,42	0,56

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Установлено, что наибольшая урожайность плодов томата 13,8 кг/м² получена при внесении Гумилэнд Cu 1,0 л/га, а плодов огурца 14,9 кг/м² – при использовании Гумилэнд Zn 0,8 л/га, прибавка составила 33 и 26 % соответственно.

Выявлено, что при внесении в качестве некорневой подкормки удобрения Гумилэнд Cu 1,0 л/га в плодах томата содержание суммы сахаров повысилось на 0,5 % по сравнению с контролем (3,1 %). Применение Гумилэнд Zn 0,8 л/га и Гумилэнд 2,6 л/га повысило содержание в плодах огурца сухого вещества на 0,3–0,4 %, а суммы сахаров – на 0,2 %.

Список литературы

1. Аутко, А. А. В мире овощей / А. А. Аутко. – Минск : Технопринт, 2004. – 568 с.
2. Аутко, А. А. Рассада овощных культур / А. А. Аутко. – Минск : Ураджай, 1992. – 192 с.
3. Белик, В. Ф. Методика опытного дела в овощеводстве и бахчеводстве / В. Ф. Белик. – М. : Агропромиздат, 1992. – 319 с.
4. Борисов, В. А. Качество и лежкость овощей / В. А. Борисов, С. С. Литвинов, А. В. Романова. – М., 2003. – 625 с.
5. Борисов, В. А. Регулирование содержания нитратов в овощах / В. А. Борисов // Картофель и овощи. – 1980. – № 7. – С. 22–23.
6. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – 5-е изд., доп. и перераб. – М. : Агропромиздат, 1985. – 351 с.
7. Переднев, В. П. Удобрение овощных культур / В. П. Переднев. – Минск : Ураджай, 1987. – 144 с.
8. Степуро, М. Ф. Научные основы интенсивных технологий овощных культур / М. Ф. Степуро, А. А. Аутко, Н. Ф. Рассоха. – Минск : Изд-во А. Н. Вараксина, 2011. – 295 с.

9. Степуро, М. Ф. Удобрение и орошение овощных культур / М. Ф. Степуро. – Минск, 2008. – 239 с.

10. Удобрение овощных культур : справ. руководство / Г. Г. Вендило [и др.]. – М. : Агропромиздат, 1986. – 205 с.

Поступила в редакцию 28.11.2023 г.

M. F. STEPURO, A. V. MIHNYUK

**THE INFLUENCE OF NEW HUMIC-CONTAINING FERTILIZERS
ON YIELD, MARKETABILITY AND BIOCHEMICAL
COMPOSITION OF TOMATO AND CUCUMBER
IN SPRING-SUMMER GREENHOUSES**

SUMMARY

The results of studies on the effectiveness of using humic-containing fertilizers and their effect on productivity, quality, and biochemical composition of tomato and cucumber fruits are presented. It was found that the highest yield of tomato fruits (13.8 kg/m²) was obtained by applying Humiland Cu 1.0 l/ha at a background dose of N₉₀P₉₀K₁₂₀. The maximum yield of cucumber fruits was 14.9 kg/m² when using Humiland Zn 0.8 l/ha at a background dose of N₁₂₀P₉₀K₁₂₀. The increase was 33 and 26 % for tomatoes and cucumbers, respectively.

Key words: humic-containing fertilizers; yield; marketability; tomato; cucumber; dry matter; amount of sugars; vitamin C; nitrates.

УДК 635.63/.64:631.526.32-048.24:631.544.4

М. Ф. Степуро, доктор сельскохозяйственных наук, доцент,
заведующий лабораторией технологических исследований

А. В. Михнюк, соискатель

РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук
Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству»,
аг. Самохваловичи, Минский район

ОЦЕНКА СОРТОВ И ГИБРИДОВ ТОМАТА И ОГУРЦА ПО ОСНОВНЫМ ХОЗЯЙСТВЕННО ЦЕННЫМ ПРИЗНАКАМ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ В ВЕСЕННЕ-ЛЕТНИХ ТЕПЛИЦАХ

РЕЗЮМЕ

Дана оценка сортового ассортимента томата и огурца по основным хозяйственно ценным признакам и установлено, что гибриды томата зарубежной селекции Царин F_1 , Барибине F_1 и Тойво F_1 обеспечивали высокую урожайность 12,0–13,2 кг/м² с накоплением в плодах сухого вещества 6,6–7,3 %, суммы сахаров 3,3 %, массовой концентрацией витамина С 21,86–22,05 мг% и наименьшим содержанием нитратов 29–30 мг/кг сырой массы.

Анализ коллекционного материала по вышеуказанным признакам показал, что гибриды огурца зарубежной селекции Балкан F_1 , Альшаны F_1 и Кибрия F_1 обеспечивали высокую урожайность 13,6–14,6 кг/м², с накоплением в плодах сухого вещества 4,8–5,3 %, суммы сахаров 1,8–1,9 % и содержанием нитратов 30–32 мг/кг.

Ключевые слова: урожайность; томат; огурец; гибрид; качество; сухое вещество; сумма сахаров; нитраты.

ВВЕДЕНИЕ

В современных технологиях возделывания томата и огурца сорт или гибрид выступает как самостоятельный фактор повышения урожайности и наряду с агротехникой имеет большое, а в ряде случаев решающее значение для получения высокой урожайности и качества продукции.

Одним из основных параметров технологии, от которой зависит урожайность томата и огурца, является подбор гибридов для весенне-летних теплиц. Многочисленными исследованиями, проведенными в различных странах мира, доказана высокая эффективность использования таких гибридов как с точки зрения повышения урожайности, так и улучшения качества продукции [2].

Установлено, что по хозяйственному значению гибриды томата делятся на три типа: детерминатные, полудетерминантные и индетерминантные.

На томатах индетерминантного типа представляется возможным замещать побеги. Растение за сезон может достигать длины до 12 м. Эти гибриды выращиваются в закрытом грунте, их необходимо постоянно пасынковать и подвязывать к вертикальной опоре [3].

Томаты детерминантного типа имеют ограниченный рост боковых побегов, с размещением соцветий через лист или подряд; они не нуждаются в пасынковании и в вертикальной опоре. Растения достигают высоты 50–60 см.

Полудетерминантные занимают промежуточное положение, образуют 2–3 замещающих побега, вырастают до 1,5–2,0 м [2, 8].

По вегетационному периоду все сорта делятся на очень ранние (от всходов до созревания меньше 105 дней), ранние (106–110), среднеранние (111–115), поздние (116–120), очень поздние (больше 120 дней). Этот признак очень сильно варьирует. По мере продвижения с юга на север период «всходы – созревание» удлиняется [9].

В свою очередь, сорта огурцов по своему назначению разделяются на сорта для консервации (для засолки или маринования), салатные и универсальные. Огурцы для консервации имеют нежную тонкую кожицу и повышенное содержание сахаров. Салатные сорта огурца для засолки не рекомендуются, потому что у них кожица более толстая, малопроницаемая для раствора поваренной соли, но они вкусны в салатах. Огурцы универсального назначения используются как в свежем виде, так и для засолки. В производстве огурца все больше используют гибриды F_1 , так как они имеют подавляющее большинство женских цветков (то есть нет пустоцветов) и являются самоопыляемыми. Их плоды лишены горечи даже когда перезревают.

Все больше при выращивании томата и огурца используются гибриды F_1 , так как они имеют ряд преимуществ перед сортами. Полученное от гибрида F_1 потомство называют гибридом второго поколения F_2 , от F_2 – третьего (F_3) и т. д. При получении гибридов F_1 обнаружено, что некоторые из них по ряду хозяйственно ценных признаков (урожайность, скороспелость) превосходят обоих родителей – как материнскую, так и отцовскую формы. Это явление получило название гетерозис. При этом все растения гибрида F_1 одинаковы по всем признакам. Таким образом, при применении гибридов F_1 удалось избежать проявления той самой депрессии, при этом иметь более высокую однородность продуктивных органов по сравнению с сортом [3]. Следовательно, используя гибриды, можно получать растения с однородными признаками и более высокой выровненностью плодов и качественной урожайностью [10].

В семенах гибрида заложена генетическая программа развития растений, его продуктивность, устойчивость к болезням, качество продукции и другие свойства. Выявить хороший гибрид – это значит заранее предопределить уровень продуктивности. Для тепличных условий очень важно установить сорта и гибриды, отзывчивые на изменение условий произрастания, чтобы агротехническими воздействиями заставить их мобилизовать генетические резервы и по возможности выдать максимальную продуктивность при высоком ее качестве [1, 3, 6, 7].

Гибрид является ведущим элементом технологии, поскольку от него во многом зависят как уровень урожайности, так и исходное количество плодов. Однако сам по себе гибрид, как и любой другой элемент технологии, еще не гарантирует решение проблемы эффективного производства плодов исследуемых культур. А на фоне общей высокой культуры земледелия и соблюдения всех технологических элементов регламентов возделывания томата и огурца высокопродуктивные гибриды способны наиболее полно реализовать заложенные в них потенциальные возможности.

В связи с этим оценка сортового ассортимента томата и огурца по основным хозяйственно ценным признакам в весенне-летних теплицах является актуальной и имеет практический интерес.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Опыты на томате и огурце проводили в течение 2021–2023 гг. в весенне-летних теплицах РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси»

по картофелеводству и плодоовощеводству». Почвогрунт характеризовался следующими агрохимическими показателями: гумус (по И. В. Тюрину) – 2,1–2,5 %, pH_{KCl} – 6,0–6,4, подвижный P_2O_5 и обменный K_2O (по А. Т. Кирсанову) соответственно 150–180 и 230–260 мг/кг воздушно-сухой почвы. Площадь опытной делянки 5,4 м². Повторность опытов 4-кратная.

Изучались 1 сорт и 15 гибридов томата и 15 гибридов огурца. Коллекция включала образцы из РУП «Институт овощеводства», фирм Syngenta, Nunhems, Bejo Zaden, Enza Zaden, Rijk Zwaan.

Закладка и проведение опытов осуществлялись в соответствии с требованиями «Методики полевого опыта» Б. А. Доспехова [5], «Методики опытного дела в овощеводстве и бахчеводстве» В. Ф. Белика [3]. Полученные в результате проведения исследований данные подвергались статистической обработке дисперсионным методом по Б. А. Доспехову [5] с использованием табличного редактора.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

При изучении коллекционных сортообразцов индетерминантных гибридов томата основными признаками были определены скороспелость, урожайность, товарность, содержание в плодах сухих веществ, суммы сахаров, нитратов и витамина С. В период массового созревания плодов и окончания их массового сбора учитывались следующие биометрические показатели: высота растения, диаметр стебля и площадь листьев.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что в период массового сбора плодов оптимальными сортами с наименьшим количеством вегетативной массы в среднеранней группе являются Вежа, Белфаст F_1 , Царин F_1 , Барибине F_1 , в среднепоздней группе это Лежебока F_1 , Тобольск F_1 , Монро F_1 . Во 2-й декаде августа лучшие показатели отмечены на гибридах Белфаст F_1 , Царин F_1 , Панекра F_1 , а из среднепоздней группы Тобольск F_1 , Монро F_1 , Торсида F_1 , которые требуют меньше затрат ручного труда по уходу за ними и характеризуются меньшей облиственностью, что значительно облегчает сбор плодов (табл. 1).

При изучении гибридов огурца учитывались следующие биометрические показатели: высота растения, диаметр стебля и площадь листьев.

Анализ показал, что в период массового сбора плодов огурца с наименьшим количеством вегетативной массы и менее облиственными в ранней группе являются гибриды: Тонус F_1 , Пачастунак F_1 , Абсолют F_1 , Аристан F_1 , Северин F_1 , в средней группе среди гибридов выделились Брагинка F_1 , Амур F_1 , Альшаны F_1 , Эколь F_1 .

Во 2-й декаде июля в ранней группе спелости наилучшие биометрические показатели отмечены на гибридах Тонус F_1 , Пачастунак F_1 , Абсолют F_1 , Аристан F_1 , в средней группе выделяются Брагинка F_1 , Амур F_1 , Альшаны F_1 , Северин F_1 , Эколь F_1 (табл. 2).

Более высокие биометрические величины вегетативных органов оказали значительное влияние на урожайность, уровень товарности и качество продукции.

Наименьшая урожайность томата 9,5 кг/м² получена по сорту Вежа, который характеризовался более мелкими плодами со средней массой 119 г, обуславливая товарность продукции на уровне 71 %. Более высокая товарность по отношению к стандарту (Вежа) на уровне 74–91 % отмечена по гибридам Старт F_1 , Бум F_1 , Лапа F_1 , Лежебока F_1 , Панекра F_1 , Белфаст F_1 , Барибине F_1 , Позано F_1 , Дирк F_1 , Царин F_1 , Тойво F_1 , Синдел F_1 , Монро F_1 , Тобольск F_1 , Торсида F_1 (табл. 3).

Урожайность отдельных сортов и гибридов томата характеризуется не только продуктивностью растений. Важнейшим оценочным показателем является также качество

**РАЗДЕЛ 2. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА,
ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩЕЙ**

Таблица 1 – Биометрические показатели вегетативной массы томата в зависимости от сортовых особенностей, 2021–2023 гг.

Сорт / гибрид	Высота растения, см		Диаметр стебля, мм		Площадь листьев, см ²	
	конец 3-й декады июля	начало 2-й декады августа	конец 3-й декады июля	начало 2-й декады августа	конец 3-й декады июля	начало 2-й декады августа
Среднеранняя группа спелости						
Вежа (стандарт)	147	198	11	15	6 830	11 234
Старт F ₁	153	210	14	18	7 008	11 488
Бум F ₁	154	201	15	18	6 939	10 799
Лапа F ₁	157	208	16	19	7 030	11 512
Панекра F ₁	143	186	12	16	6 967	9 791
Белфаст F ₁	151	197	13	18	6 174	8 616
Барибине F ₁	152	211	9	16	6 287	10 759
Позано F ₁	156	246	12	14	6 905	10 563
Дирк F ₁	150	204	14	18	6 676	10 144
Царин F ₁	145	195	11	16	6 342	9 220
Среднепоздняя группа спелости						
Лежебока F ₁	165	218	15	19	6 848	11 893
Тойво F ₁	153	204	15	20	6 766	11 306
Синдел F ₁	152	203	13	19	7 282	11 504
Монро F ₁	151	193	11	16	6 161	8 384
Тобольск F ₁	127	156	13	17	6 066	7 639
Торсида F ₁	151	205	12	16	6 749	10 239

Таблица 2 – Биометрические показатели вегетативной массы огурца в зависимости от сортовых особенностей, 2021–2023 гг.

Сорт / гибрид	Высота растения, см		Диаметр стебля, мм		Площадь листьев, см ²	
	конец 3-й декады июня	начало 2-й декады июля	конец 3-й декады июня	начало 2-й декады июля	конец 3-й декады июня	начало 2-й декады июля
Ранняя группа спелости						
Тонус F ₁ (стандарт)	135	234	6,7	8,7	13 081	13 272
Пачастунак F ₁	142	234	6,3	9,0	13 150	13 475
Абсолют F ₁	157	241	6,7	9,3	14 745	14 987
Авион F ₁	139	234	8,0	12,0	22 213	22 848
Аристан F ₁	159	233	8,0	9,3	21 757	21 988
Балкан F ₁	197	267	7,7	9,7	28 351	29 317
Бьерн F ₁	189	281	6,7	9,3	25 019	25 750
Артист F ₁	190	235	8,7	11,0	23 733	24 332
Северин F ₁	185	246	6,7	11,0	20 975	22 213
Средняя группа спелости						
Брагинка F ₁	153	241	7,0	9,0	13 792	13 825
Альшаны F ₁	211	261	7,3	10,0	22 235	22 460
Амур F ₁	216	264	7,3	10,0	21 672	21 862
Директор F ₁	189	243	8,3	12,3	25 814	24 752
Кибрия F ₁	218	263	8,0	12,0	27 913	29 644
Эколь F ₁	153	234	7,7	12,0	21 683	21 304

**РАЗДЕЛ 2. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА,
ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩЕЙ**

Таблица 3 – Урожайность и товарность плодов томата в зависимости от сортовых особенностей, 2021–2023 гг.

Сорт / гибрид	Урожайность, кг/м ²	Прибавка		Товарность, %
		кг/м ²	%	
Среднеранняя группа спелости				
Вежа (стандарт)	9,5	–	–	71
Старт F ₁	11,2	1,8	19	74
Бум F ₁	10,6	1,1	12	76
Лапа F ₁	11,7	2,3	23	82
Панекра F ₁	10,1	0,7	7	88
Белфаст F ₁	11,4	1,9	20	91
Барибине F ₁	13,2	3,7	39	89
Позано F ₁	10,1	0,6	6	88
Дирк F ₁	11,8	2,4	25	92
Царин F ₁	12,0	2,6	21	91
Среднепоздняя группа спелости				
Лежебока F ₁	11,7	2,2	23	78
Тойво F ₁	13,2	3,7	39	91
Синдел F ₁	11,1	1,6	17	90
Монро F ₁	10,5	1,0	11	87
Тобольск F ₁	10,5	1,0	11	87
Торсида F ₁	10,4	0,9	10	84
НСР ₀₅	0,48	–	–	0,52

продукции. Лабораторными исследованиями установлено, что плоды томата изучаемых сортов и гибридов отличались хорошим качеством. Наиболее высоким содержанием сухого вещества 6,6–7,3 %, суммы сахаров 3,2–3,3 % и массовой концентрацией витамина С 21,76–22,05 мг% характеризовались отечественные гибриды Бум F₁, Лапа F₁, из зарубежных – Барибине F₁, Царин F₁, Тойво F₁, Тобольск F₁. Содержание нитратов в плодах всех исследуемых образцов (29–31 мг/кг) находилось значительно ниже предельно допустимой концентрации (60 мг/кг), наименьшее количество нитратов 29 мг/кг выявлено в плодах гибридов отечественной селекции Старт F₁ и зарубежной Барибине F₁, Дирк F₁, Царин F₁ (табл. 4).

Высокая урожайность огурца 13,6–14,6 кг/м² получена при выращивании гибридов Абсолют F₁, Северин F₁, Балкан F₁, Альшаны F₁, Амур F₁, Кибрия F₁ и Эколь F₁. По урожайности вышеуказанные образцы превосходили стандарт Тонус F₁ на 39–49 %. Наибольший уровень товарности плодов 89–94 % получен при выращивании гибридов Абсолют F₁, Аристан F₁, Бьерн F₁, Балкан F₁, Артист F₁, Альшаны F₁, Кибрия F₁, Эколь F₁ (табл. 5).

В результате анализа плодов на биохимические показатели установлено, что высокое содержание сухого вещества от 4,7 до 5,3 % отмечалось по гибридам: Балкан F₁, Бьерн F₁, Артист F₁, Альшаны F₁, Кибрия F₁. Суммы сахаров на уровне 1,8–1,9 % установлены в плодах гибридов Балкан F₁, Северин F₁, Альшаны F₁, Кибрия F₁, Амур F₁, Директор F₁. Плоды всех гибридов огурца содержали нитратов 30–32 мг/кг, что значительно ниже предельно допустимой концентрации. Наименьшее количество нитратов 30 мг/кг выявлено у гибридов Тонус F₁, Пачастунак F₁, Абсолют F₁, Авион F₁, Аристан F₁, Балкан F₁, Артист F₁ (табл. 6).

**РАЗДЕЛ 2. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА,
ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩЕЙ**

Таблица 4 – Биохимический состав плодов томата в зависимости от сортовых особенностей, 2021–2023 гг.

Сорт / гибрид	Содержание в плодах			
	сухого вещества, %	суммы сахаров, %	нитратов, мг/кг	массовая концентрация витамина С, мг%
Среднеранняя группа спелости				
Вежа	6,0	3,1	30	20,96
Старт F ₁	7,1	3,1	29	21,04
Бум F ₁	6,8	3,2	30	21,84
Лапа F ₁	7,2	3,3	30	21,91
Панекра F ₁	5,9	3,1	31	21,35
Белфаст F ₁	6,1	3,3	30	22,02
Барибине F ₁	7,3	3,3	29	21,86
Позано F ₁	7,3	3,2	30	21,83
Дирк F ₁	5,8	3,3	29	21,98
Царин F ₁	6,6	3,3	30	21,92
Среднепоздняя группа спелости				
Лежебока F ₁	5,9	3,2	31	21,74
Тойво F ₁	7,1	3,3	30	22,05
Синдел F ₁	7,1	3,1	32	21,39
Монро F ₁	6,1	3,3	31	21,99
Тобольск F ₁	6,6	3,2	30	21,76
Торсида F ₁	6,3	3,2	31	21,45
НСР ₀₅	0,42	3,2	0,44	0,38

Таблица 5 – Урожайность и товарность плодов огурца в зависимости от сортовых особенностей, 2021–2023 гг.

Сорт / гибрид	Урожайность, кг/м ²	Прибавка		Товарность, %
		кг/м ²	%	
Ранняя группа спелости				
Тонус F ₁ (стандарт)	9,4	–	–	77
Пачастунак F ₁	10,2	0,8	8	71
Абсолют F ₁	14,1	4,7	47	93
Авион F ₁	13,1	3,7	35	85
Аристан F ₁	13,0	3,6	34	94
Балкан F ₁	13,6	4,1	39	89
Бьерн F ₁	13,4	3,9	37	93
Артист F ₁	12,7	3,3	31	91
Северин F ₁	14,0	4,5	42	88
Средняя группа спелости				
Брагинка F ₁	10,9	1,4	13	81
Альшаны F ₁	14,6	5,2	49	91
Амур F ₁	14,4	4,9	46	88
Директор F ₁	10,1	0,7	7	84
Кибрия F ₁	14,5	5,1	48	92
Эколь F ₁	14,3	4,8	45	91
НСР ₀₅	0,52	–	–	0,38

**РАЗДЕЛ 2. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА,
ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩЕЙ**

Таблица 6 – Биохимический состав плодов огурца в зависимости от сортовых особенностей, 2021–2023 гг.

Сорт / гибрид	Содержание в плодах		
	сухого вещества, %	суммы сахаров, %	нитратов, мг/кг
Ранняя группа спелости			
Тонус F ₁	3,5	1,5	30
Пачастунак F ₁	3,7	1,5	30
Абсолют F ₁	4,5	1,6	30
Авион F ₁	4,5	1,7	30
Аристан F ₁	4,0	1,6	30
Балкан F ₁	4,8	1,8	30
Бьерн F ₁	4,7	1,7	31
Артист F ₁	4,8	1,5	30
Северин F ₁	4,2	1,8	31
Средняя группа спелости			
Брагинка F ₁	4,0	1,6	32
Альшаны F ₁	5,3	1,9	32
Амур F ₁	4,2	1,9	31
Директор F ₁	4,2	1,9	32
Кибрия F ₁	5,1	1,8	31
Эколь F ₁	3,7	1,7	31
НСР ₀₅	0,34	0,42	0,32

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенной оценки сортового ассортимента томата по основным хозяйственно ценным признакам установлено, что гибриды томата Царин F₁, Барибине F₁ и Тойво F₁ обеспечивали наибольшую урожайность плодов 12,0–13,2 кг/м² с содержанием в них сухого вещества 6,6–7,3 %, суммы сахаров 3,3 %.

По гибридам огурца Альшаны F₁, Кибрия F₁, Абсолют F₁ и Северин F₁ получена высокая урожайность 14,0–14,6 кг/м² с содержанием в плодах Альшаны F₁ и Кибрия F₁ сухого вещества 5,1–5,3 %, суммы сахаров 1,8–1,9 % и нитратов 30–32 мг/кг сырой массы.

Список литературы

1. Абдуллаева, Х. Т. Селекция пасленовых (томат, баклажан) культур в Азербайджане / Х. Т. Абдуллаева // Интродукция нетрадиционных и редких сельскохозяйственных растений : материалы IV Междунар. науч.-практ. конф., Ульяновск, 24–28 июня 2002 г. – Ульяновск, 2002.
2. Аутко, А. А. В мире овощей / А. А. Аутко. – Минск : Технопринт, 2004. – 568 с.
3. Белик, В. Ф. Методика опытного дела в овощеводстве и бахчеводстве / В. Ф. Белик. – М. : Агропромиздат, 1992. – 319 с.
4. Высочин, В. Г. Селекция скороспелых гибридов огурца для пленочных теплиц / В. Г. Высочин, Т. Н. Нехорошева // Селекция и семеноводство овощных и бахчевых культур. – М., 1998. – 166 с.
5. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – 5-е изд., доп. и перераб. – М. : Агропромиздат, 1985. – 351 с.
6. Игнатова, С. И. Особенности выращивания индетерминантных гибридов томата / С. И. Игнатова // Картофель и овощи. – 1999. – № 24. – С. 28.

7. Круг, Г. Овощеводство / Г. Круг : пер. с нем. В. И. Леунова. – М. : Колос, 2000. – 576 с.
8. Литвинов, С. С. Сорты и гибриды овощных и бахчевых культур России / С. С. Литвинов, А. А. Шайманов. – М. : ФГНУ «Росинформагротекс», 2001. – 244 с.
9. Луковникова, Г. А. Биохимия овощных культур / Г. А. Луковникова. – М. : Сельхозгиз, 1961.
10. Овощеводство / Г. И. Тараканов [и др.] ; под ред. Г. И. Тараканова, В. Д. Мухина. – 2-е изд. – М. : Колос, 2003. – 472 с.
11. Степуро, М. Ф. Влияние доз и соотношений удобрений на содержание элементов питания в торфяном субстрате и качество товарной рассады овощных культур / М. Ф. Степуро, Т. В. Матюк // Овощеводство : сб. науч. тр. / Нац. акад. наук Беларуси, РУП «Ин-т овощеводства» ; редкол.: В. В. Скорина (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2011. – Вып. 19. – С. 210–217.
12. Степуро, М. Ф. Научные основы интенсивных технологий овощных культур / М. Ф. Степуро. – Минск : Изд-во А. Н. Вараксина, 2011. – 295 с.

Поступила в редакцию 28.11.2023 г.

M. F. STEPURO, A. V. MIHNYUK

EVALUATION OF TOMATO AND CUCUMBER VARIETIES AND HYBRIDS ACCORDING TO THE MAIN ECONOMICALLY VALUABLE TRAITS WHEN GROWING IN SPRING-SUMMER GREENHOUSES

SUMMARY

An assessment is made of the varietal assortment of tomato and cucumber based on the main economically valuable traits and it is established that tomato hybrids of foreign selection Tsarin F_1 , Baribine F_1 and Toivo F_1 provided high yields of 12.0–13.2 kg/m², with accumulation of dry matter of 6.6–7.3 % in the fruits, the number of sugars of 3.3 %, the mass concentration of vitamin C of 21.86–22.05 mg% and the lowest nitrate content of 29–30 mg/kg wet weight.

Analysis of collection material based on the above characteristics showed that cucumber hybrids of foreign selection Balkan F_1 , Alshany F_1 and Kibriya F_1 provided high yields of 13.6–14.6 kg/m², with an accumulation of dry matter of 4.8–5.3 % in the fruits, the number of sugars of 1.8–1.9 %, and the nitrate content of 30–32 mg/kg.

Key words: yield; tomato; cucumber; hybrid; quality; dry matter; sugar content; nitrates.

УДК 635.64:631.531.03:631.811

М. Ф. Степуро, доктор сельскохозяйственных наук, доцент,
заведующий лабораторией технологических исследований

А. В. Михнюк, соискатель

РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук
Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству»,
аг. Самохваловичи, Минский район

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ РАССАДЫ ТОМАТА, ВЫНОС И БАЛАНС ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ

РЕЗЮМЕ

Представлены динамика потребления элементов питания при выращивании рассады томата и ее влияние на урожайность перед высадкой в теплицу, вынос, баланс и коэффициент использования азота, фосфора и калия рассадой томата, а также баланс элементов питания в почве и остаточное содержание основных элементов минерального питания в объеме субстрата 470 см³ перед высадкой рассады томата на постоянное место в зависимости от состава субстрата и доз удобрений. Установлена доза минеральных удобрений и состав субстрата, которые обеспечивают оптимальный вынос и баланс азота, фосфора и калия.

Ключевые слова: химический состав; вынос; баланс; рассада; субстрат; удобрения; торф; керамзит; перлит; вермикулит.

ВВЕДЕНИЕ

Известно, что томат относится к группе овощных растений со средним потреблением элементов питания, однако высокие урожаи можно получить только при достаточном внесении удобрений. Их потребление на 10 т товарной продукции составляет: азота – 31 кг, фосфора – 8, калия – 32 кг. По количеству отдельных питательных элементов, извлекаемых из почвы, первое место занимает калий, затем кальций, азот и фосфор [10].

Многолетними исследованиями установлено, что на минеральные удобрения томат очень отзывчив, и при внесении соответствующих доз не только повышается урожай, но и улучшается качество продукции и увеличивается скороспелость растений. Потребность в них по фазам роста и развития растений неодинакова. В начальный период выращивания рассады необходимо больше азота, меньше фосфора и калия. В период до полного цветения первой кисти усиливается питание фосфором и калием. После высаживания рассады в грунт для интенсивного роста листьев необходимо больше азота. В последующем, когда начинается процесс плодообразования, фосфор совместно с калием способствует ускорению цветения, созреванию плодов и повышению устойчивости растений к болезням [7, 11].

Обеспеченность питательными веществами определяет интенсивность роста и развития томата, и он весьма отзывчив на применение высоких доз удобрений. Наиболее высокая потребность в питании проявляется в тепличных условиях, где необходимо создавать максимально благоприятный режим [11].

Приоритетным направлением в овощеводстве является научно обоснованное применение доз удобрений, позволяющих повысить урожайность культур, улучшить плодородие почвогрунтов и оптимизировать их водно-физические свойства [7].

Для расчета доз удобрений под рассаду томата необходимо определить вынос элементов питания единицей продукции. Этот показатель не является постоянной величиной и может очень сильно варьировать в зависимости от почвенно-климатических условий, уровня вносимых удобрений, водообеспеченности и т. д. Вынос питательных веществ на единицу основной продукции, как правило, повышается при внесении удобрений. Прежде всего, это увеличение происходит за счет внесения калия, затем азота и в меньшей степени фосфора [2, 8]. Общий вынос питательных веществ растениями томата может быть охарактеризован тем количеством элементов питания, которое они вынесли из почвы вместе с урожаем [4, 9].

Исследования по определению коэффициентов использования из субстрата азота, фосфора и калия рассадой томата в условиях Республики Беларусь почти не проводились.

В связи с несомненным преимуществом рассадного способа выращивания томата, а также наличием в Республике Беларусь значительных площадей весенне-летних теплиц разработка элементов технологии возделывания рассады томата на субстратах, включая потребление макро- и микроэлементов и их остаточное содержание в объеме субстрата горшка, является весьма актуальной и имеет большой научный и практический интерес.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Опыты на томате проводили в течение 2021–2023 гг. в весенне-летних теплицах РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству». В качестве объекта исследования выбран гибрид Тойво F₁.

Из минеральных удобрений использовали: азотные – карбамид (46 % N), фосфорные – аммонизированный суперфосфат (8 % N, 33 % P₂O₅), калийные – хлористый калий (60 % K₂O), комплексные минеральные удобрения марки N : P : K = 13 : 12 : 19. Дозы удобрений изучали на фоне первого года последствия навоза в количестве 60 т/га, содержащего 0,55–0,60 % азота, 0,25–0,26 – фосфора и 0,60–0,65 % калия. Площадь опытной делянки 5,4 м². Повторность опытов – 4-кратная.

Для набивки кассет использовали торфосмесь и синтетические разрыхлители. Химический состав готовой торфосмеси, для приготовления которой использовали только верховой торф, характеризовался кислотностью, близкой к нейтральной – рН_{ксл} 6,4–6,5. Содержание минеральных веществ: нитратного азота – 13–16 мг/л, общего азота – 167–184, P₂O₅ – 66–76, K₂O – 224–240, MgO – 108–123, CaO – 542–579 мг/л, общая концентрация солей – 1,60–1,81 мСм/см.

В вариантах использовались различные синтетические разрыхлители: перлит, керамзит и вермикулит.

Перлит – это алюмосиликатный материал, состоящий из белых высокопористых гранулированных агрегатов с низкой плотностью, объемная масса которых колеблется от 96 до 128 кг/м³, что в 3–4 раза легче воды. Химический состав перлита представлен в основном соединениями SiO₂ – 55–80 %, Al₂O₃ – 12–16 %.

Керамзит – это гранулы вспененной глины, объемная масса которых варьирует в пределах от 550 до 650 кг/м³. Химический состав керамзита следующий: SiO₂ – 70,2 %, Al₂O₃ – 16, Fe₂O₃ – 3,8, K₂O – 3,7, CaO – 1,5, MgO – 1,5, TiO₂ – 0,6, FeO – 0,3, Na₂O₃ – 0,3, SO₄ – 0,08, MnO – 0,01 %.

Вермикулит – минерал из группы гидрослюд, имеющих слоистую структуру. Продукт вторичного изменения (гидролиза и последующего выветривания) темных слюд биотита и флогопита. Представляет собой крупные пластинчатые кристаллы

**РАЗДЕЛ 2. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА,
ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩЕЙ**

золотисто-желтого или бурого цвета. При нагревании из пластинок образуются червеобразные столбики или нити золотистого или серебристого цвета с поперечным делением на тончайшие чешуйки (вспученный вермикулит). Обожженные массы вермикулита свободно плавают на поверхности воды [11, 12].

Закладка и проведение опытов осуществлялись в соответствии с требованиями «Методики полевого опыта» Б. А. Доспехова [3], «Методики опытного дела в овощеводстве и бахчеводстве» В. Ф. Белика [1], «Методики расчета баланса гумуса в земледелии Республики Беларусь» В. В. Лапы [6] и «Методики определения агрономической и экономической эффективности минеральных и органических удобрений» И. М. Богдевича [6]. Полученные в результате проведения исследований данные подвергались статистической обработке дисперсионным методом по Б. А. Доспехову [3] с использованием табличного редактора.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В результате проведенных опытов по определению содержания основных элементов питания в растениях томата в рассадный период установлено, что содержание азота в растительной части рассады томата составило от 1,6 до 1,9 % по дозам и составам субстрата «верховой торф 100 %», «верховой торф 80 % + 20 % перлит» и «верховой торф 80 % + 20 % керамзит». Наибольшее содержание азота – 2,0–2,1 % в стеблях и листьях рассады томата выявлено по дозам $N_{300}P_{280}K_{410}$ и $N_{360}P_{320}K_{470}$ на фоне субстрата «верховой торф 80 % + 20 % вермикулит». Аналогичное повышение фосфора и калия в растительной ткани рассады томата отмечено по вышеуказанным дозам минеральных удобрений, внесенных в состав субстрата «верховой торф 80 % + 20 % вермикулит». Содержание фосфора и калия было в 1,1–1,4 раза выше по сравнению с содержанием фосфора (0,53 %) и калия (1,4 %) при внесении доз удобрений на фоне «верховой торф 100 %» (табл. 1).

В исследованиях с различными видами субстрата вынос элементов питания рассадой составил 73,6–96,6 г/м³ азота, 24,4–28,5 – фосфора и 64,4–87,4 г/м³ калия. Наибольший вынос азота 82,8–96,6 г/м³, фосфора – 25,8–28,5 и калия – 78,2–87,4 г/м³ отмечен по субстрату «верховой торф 80 % + 20 % вермикулит» по дозам $N_{300}P_{280}K_{410}$ и $N_{360}P_{320}K_{470}$. По дозе $N_{240}P_{240}K_{350}$, внесенной в субстрат «верховой торф 100 %», вынос составил по азоту 73,6 г/м³, фосфору – 24,4 и калию – 64,4 г/м³. Объясняется это тем, что субстрат

Таблица 1 – Содержание элементов питания в рассаде томата перед высадкой в теплицу в зависимости от состава субстрата и доз удобрений, 2021– 2023 гг.

Вариант	Доза удобрений, г/м ³	Содержание, %		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Верховой торф 100 %	$N_{240}P_{240}K_{350}$	1,6	0,53	1,4
	$N_{300}P_{280}K_{410}$	1,7	0,56	1,6
	$N_{360}P_{320}K_{470}$	1,7	0,57	1,6
Верховой торф 80 % + перлит 20 %	$N_{240}P_{240}K_{350}$	1,6	0,54	1,5
	$N_{300}P_{280}K_{410}$	1,8	0,58	1,7
	$N_{360}P_{320}K_{470}$	1,9	0,58	1,7
Верховой торф 80 % + керамзит 20 %	$N_{240}P_{240}K_{350}$	1,7	0,54	1,6
	$N_{300}P_{280}K_{410}$	1,9	0,58	1,7
	$N_{360}P_{320}K_{470}$	1,9	0,59	1,7
Верховой торф 80 % + вермикулит 20 %	$N_{240}P_{240}K_{350}$	1,8	0,56	1,7
	$N_{300}P_{280}K_{410}$	2,0	0,61	1,9
	$N_{360}P_{320}K_{470}$	2,1	0,62	1,9

**РАЗДЕЛ 2. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА,
ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩЕЙ**

только из верхового торфа не может обеспечить оптимальных условий для усвояемости растениями рассады элементов питания, даже при внесении повышенных доз минеральных удобрений (табл. 2).

Выявлено, что растения потребляют только часть питательных элементов, находящихся в субстрате, внесенных с удобрениями. Известно, что усвоение элементов питания зависит от вида субстрата, а также от биологических особенностей культуры и фазы ее роста и развития. Томат в период продуктивности отличается от томата в рассадный период по потреблению элементов питания, развитию корневой системы, поэтому и коэффициенты использования элементов питания в них также значительно различаются.

Исследования показали, что растения томата в рассадный период (за 45 дней) обеспечили коэффициенты использования азота на уровне 22–31 %, фосфора – 8–11 и калия – 16–22 %. Остальная часть элементов питания, поступившая от внесения различных доз минеральных удобрений, осталась в субстрате, особенно при использовании верхового торфа 100 % (табл. 3).

Таблица 2 – Вынос основных элементов минерального питания рассадой томата в зависимости от состава субстрата и доз удобрений, 2021–2023 гг.

Вариант	Доза удобрений, г/м ³	Вынос, г		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Верховой торф 100 %	N ₂₄₀ P ₂₄₀ K ₃₅₀	73,6	24,4	64,4
	N ₃₀₀ P ₂₈₀ K ₄₁₀	78,2	25,8	73,6
	N ₃₆₀ P ₃₂₀ K ₄₇₀	78,2	26,2	73,6
Верховой торф 80 % + перлит 20 %	N ₂₄₀ P ₂₄₀ K ₃₅₀	73,6	24,8	69,0
	N ₃₀₀ P ₂₈₀ K ₄₁₀	82,8	26,7	78,2
	N ₃₆₀ P ₃₂₀ K ₄₇₀	87,4	26,7	78,2
Верховой торф 80 % + керамзит 20 %	N ₂₄₀ P ₂₄₀ K ₃₅₀	78,2	24,8	75,6
	N ₃₀₀ P ₂₈₀ K ₄₁₀	87,4	26,7	78,2
	N ₃₆₀ P ₃₂₀ K ₄₇₀	87,4	27,1	78,2
Верховой торф 80 % + вермикулит 20 %	N ₂₄₀ P ₂₄₀ K ₃₅₀	82,8	25,8	78,2
	N ₃₀₀ P ₂₈₀ K ₄₁₀	92,0	28,1	87,4
	N ₃₆₀ P ₃₂₀ K ₄₇₀	96,6	28,5	87,4

Таблица 3 – Коэффициент использования основных элементов минерального питания рассадой томата в зависимости от состава субстрата и доз удобрений, 2021–2023 гг.

Вариант	Доза удобрений, г/м ³	Коэффициент использования, %		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Верховой торф 100 %	N ₂₄₀ P ₂₄₀ K ₃₅₀	31	10	18
	N ₃₀₀ P ₂₈₀ K ₄₁₀	26	9	18
	N ₃₆₀ P ₃₂₀ K ₄₇₀	22	8	16
Верховой торф 80 % + перлит 20 %	N ₂₄₀ P ₂₄₀ K ₃₅₀	31	10	20
	N ₃₀₀ P ₂₈₀ K ₄₁₀	28	10	19
	N ₃₆₀ P ₃₂₀ K ₄₇₀	24	8	17
Верховой торф 80 % + керамзит 20 %	N ₂₄₀ P ₂₄₀ K ₃₅₀	33	10	21
	N ₃₀₀ P ₂₈₀ K ₄₁₀	29	10	19
	N ₃₆₀ P ₃₂₀ K ₄₇₀	24	9	17
Верховой торф 80 % + вермикулит 20 %	N ₂₄₀ P ₂₄₀ K ₃₅₀	35	11	22
	N ₃₀₀ P ₂₈₀ K ₄₁₀	31	10	21
	N ₃₆₀ P ₃₂₀ K ₄₇₀	27	9	19

**РАЗДЕЛ 2. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА,
ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩЕЙ**

Исходя из количества внесенных элементов питания при помощи минеральных удобрений и их удельного выноса растениями томата за рассадный период определен баланс элементов питания в объеме горшочка с использованием различных видов субстрата после высадки рассады. Выявлено, что наибольший показатель баланса по питательным элементам оказался в субстрате «верховой торф 100 %», который был по азоту на уровне +166–282 г/м³, фосфору +216–294 и калию +286–396 г/м³. Наименьший показатель баланса по азоту +157–263 г/м³, фосфору +214–291 и калию +272–383 г/м³ отмечен по субстрату «верховой торф 80 % + 20 % вермикулит». Это объясняется тем, что рассада томата имела хорошо развитый листовой аппарат и корневую систему на субстрате «верховой торф 80 % + 20 % вермикулит», и как результат – несколько увеличивался вынос и уменьшался баланс элементов питания в объеме субстрата горшочка (табл. 4).

Большой научный и практический интерес представляет остаточное содержание азота, фосфора и калия в каждом индивидуальном горшочке рассады. В результате проведенных исследований установлено, что азота в субстрате горшочной рассады осталось 74–128 мг на 470 см³, фосфора и калия соответственно 97–134 и 124–180 мг/470 см³ рассадного горшочка. Зная содержание элементов питания в объеме субстрата 470 см³, представляется возможность регулировать сроки и дозы внесения удобрений без оказания отрицательного действия на рост и развитие продуктивных органов растений томатов в весенне-летних теплицах (табл. 5).

Рассада томата во всех вариантах опыта характеризовалась наличием 3–4 настоящих листьев. Включение в состав торфосмеси синтетических разрыхлителей в дальнейшем положительно влияло на рост и развитие продуктивных растений, что в результате повысило урожайность плодов томата на 0,3–1,2 кг/м² по отношению к урожайности 12,1 кг/м² с наименьшей дозой N₂₄₀P₂₄₀K₃₅₀. Использование вермикулита оказывало влияние на получение наибольшей урожайности 13,3 кг/м² по сравнению с урожайностью 12,4 и 12,3 кг/м² при внесении керамзита и перлита. При использовании верхового торфа без добавления разрыхлителей отмечено снижение урожайности на 0,2–0,9 кг/м². Высокие дозы N₃₆₀P₃₂₀K₄₇₀ во всех составах субстрата обеспечили урожайность плодов томата на уровне 12,6–13,3 кг/м². Объясняется это

Таблица 4 – Баланс элементов минерального питания при выращивании рассады томата в зависимости от состава субстрата и доз удобрений, 2021–2023 гг.

Вариант	Доза удобрений, г/м ³	Внесение, г/м ³			Удельный вынос, г/м ³			Баланс, ± г/м ³		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Верховой торф 100 %	N ₂₄₀ P ₂₄₀ K ₃₅₀	240	240	350	74	24	64	+166	+216	+286
	N ₃₀₀ P ₂₈₀ K ₄₁₀	300	280	410	78	26	74	+222	+254	+336
	N ₃₆₀ P ₃₂₀ K ₄₇₀	360	320	470	78	26	74	+282	+294	+396
Верховой торф 80 % + перлит 20 %	N ₂₄₀ P ₂₄₀ K ₃₅₀	240	240	350	74	25	69	+116	+215	+281
	N ₃₀₀ P ₂₈₀ K ₄₁₀	300	280	410	83	27	78	+217	+253	+332
	N ₃₆₀ P ₃₂₀ K ₄₇₀	360	320	470	87	27	78	+273	+294	+392
Верховой торф 80 % + керамзит 20 %	N ₂₄₀ P ₂₄₀ K ₃₅₀	240	240	350	78	25	74	+162	+215	+276
	N ₃₀₀ P ₂₈₀ K ₄₁₀	300	280	410	87	27	78	+213	+253	+332
	N ₃₆₀ P ₃₂₀ K ₄₇₀	360	320	470	87	27	78	+273	+293	+392
Верховой торф 80 % + вермикулит 20 %	N ₂₄₀ P ₂₄₀ K ₃₅₀	240	240	350	83	26	78	+157	+214	+272
	N ₃₀₀ P ₂₈₀ K ₄₁₀	300	280	410	92	28	87	+208	+252	+323
	N ₃₆₀ P ₃₂₀ K ₄₇₀	360	320	470	97	29	87	+263	+291	+383

**РАЗДЕЛ 2. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА,
ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩЕЙ**

Таблица 5 – Остаточное содержание основных элементов минерального питания в объеме субстрата 470 см³ перед высадкой рассады томата на постоянное место в теплицу в зависимости от состава субстрата и доз удобрений, 2021–2023 гг.

Вариант	Доза удобрений, г/м ³	Содержание, мг		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Верховой торф 100 %	N ₂₄₀ P ₂₄₀ K ₃₅₀	75	98	130
	N ₃₀₀ P ₂₈₀ K ₄₁₀	101	115	153
	N ₃₆₀ P ₃₂₀ K ₄₇₀	128	134	180
Верховой торф 80 % + перлит 20 %	N ₂₄₀ P ₂₄₀ K ₃₅₀	53	98	128
	N ₃₀₀ P ₂₈₀ K ₄₁₀	99	115	151
	N ₃₆₀ P ₃₂₀ K ₄₇₀	124	134	178
Верховой торф 80 % + керамзит 20 %	N ₂₄₀ P ₂₄₀ K ₃₅₀	74	98	125
	N ₃₀₀ P ₂₈₀ K ₄₁₀	97	115	151
	N ₃₆₀ P ₃₂₀ K ₄₇₀	124	134	178
Верховой торф 80 % + вермикулит 20 %	N ₂₄₀ P ₂₄₀ K ₃₅₀	71	97	124
	N ₃₀₀ P ₂₈₀ K ₄₁₀	95	115	147
	N ₃₆₀ P ₃₂₀ K ₄₇₀	120	132	174

тем, что добавление к верховому торфу синтетических разрыхлителей в количестве 20 % от объема субстрата снижает влажность торфосмеси за счет высокой водопроницаемости и слабой способности испарения воды, которые обеспечивают более благоприятные водно-воздушные условия субстрата для роста и развития продуктивных растений (табл. 6).

Таблица 6 – Влияние состава субстрата и доз удобрений на урожайность при выращивании рассады томата, среднее за 2021–2023 гг.

Вариант	Доза удобрений, г/м ³	Урожай- ность, кг/м ²	Прибавка к наименьшей дозе по субстрату «верховой торф 100 %»	
			кг/м ²	%
Верховой торф 100 %	N ₂₄₀ P ₂₄₀ K ₃₅₀	12,1	–	–
	N ₃₀₀ P ₂₈₀ K ₄₁₀	12,4	0,3	2
	N ₃₆₀ P ₃₂₀ K ₄₇₀	12,6	0,5	4
	HCP ₀₅	0,28	–	–
Верховой торф 80 % + перлит 20 %	N ₂₄₀ P ₂₄₀ K ₃₅₀	12,4	0,3	2
	N ₃₀₀ P ₂₈₀ K ₄₁₀	12,6	0,5	4
	N ₃₆₀ P ₃₂₀ K ₄₇₀	12,7	0,6	5
	HCP ₀₅	0,18	–	–
Верховой торф 80 % + керамзит 20 %	N ₂₄₀ P ₂₄₀ K ₃₅₀	12,3	0,2	2
	N ₃₀₀ P ₂₈₀ K ₄₁₀	12,6	0,5	4
	N ₃₆₀ P ₃₂₀ K ₄₇₀	13,0	0,9	7
	HCP ₀₅	0,32	–	–
Верховой торф 80 % + вермикулит 20 %	N ₂₄₀ P ₂₄₀ K ₃₅₀	12,9	0,8	7
	N ₃₀₀ P ₂₈₀ K ₄₁₀	13,3	1,2	10
	N ₃₆₀ P ₃₂₀ K ₄₇₀	13,3	1,2	10
	HCP ₀₅	0,22	–	–

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Установлено, что высокая урожайность томата 13,3 кг/м² получена из рассады, выращенной на субстрате «верховой торф 80 % + вермикулит 20 %» в сочетании с дозами минеральных удобрений N₃₀₀P₂₈₀K₄₁₀ и N₃₆₀P₃₂₀K₄₇₀. Прибавка в данных вариантах составила 10 % к контролю «верховой торф 100 %» в сочетании с дозой N₂₄₀P₂₄₀K₃₅₀.

Список литературы

1. Белик, В. Ф. Методика опытного дела в овощеводстве и бахчеводстве. – В. Ф. Белик. – М. : Агропромиздат, 1992. – 319 с.
2. Борисов, В. А. Качество и лежкость овощей / В. А. Борисов, С. С. Литвинов, А. В. Романова. – М. : Всерос. науч.-исслед. ин-т овощеводства, 2003. – 625 с.
3. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – 5-е изд., доп. и перераб. – М. : Агропромиздат, 1985. – 351 с.
4. Журбицкий, З. И. Физиологические особенности минерального питания овощных культур, как основа рационального применения удобрений / З. И. Журбицкий. – М. : Изд-во АН СССР, 1963. – 294 с.
5. Методика определения агрономической и экономической эффективности минеральных и органических удобрений / И. М. Богдевич [и др.] ; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2010. – 24 с.
6. Методика расчета баланса гумуса в земледелии Республики Беларусь / В. В. Лапа [и др.] ; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск : Белорус. науч. ин-т внедрения новых форм хозяйствования в АПК, 2007. – 20 с.
7. Степуро, М. Ф. Научные основы интенсивных технологий овощных культур / М. Ф. Степуро. – Минск : Изд-во А. Н. Вараксина, 2011. – 295 с.
8. Степуро, М. Ф. Основные направления развития овощеводства в защищенном грунте / М. Ф. Степуро // Овощеводство на рубеже третьего тысячелетия : материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 75-летию со дня организации Белорус. науч.-исслед. ин-та овощеводства, Минск, 6–7 июля 2000 г. / М-во сел. хоз-ва и прод. Респ. Беларусь, ААН Респ. Беларусь, Белорус. науч.-исслед. ин-т овощеводства. – Минск, 2000. – С. 62–64.
9. Степуро, М. Ф. Продуктивность и биохимический состав плодов в зависимости от количества стеблей томата при малообъемной культуре в условиях зимних теплиц / М. Ф. Степуро, А. В. Ботько, Н. Ф. Рассоха // Земляробства і ахова раслін. – 2013. – № 2. – С. 3–5.
10. Терещенко, Н. Н. Эффективность торфо-минеральных и органических верми-компостосодержащих грунтов / Н. Н. Терещенко, А. Б. Бубина, С. В. Писаренко // Вестн. Том. гос. ун-та. Биология. – 2008. – № 2. – С. 47–60.
11. Технология производства томата на органических субстратах в пленочных теплицах / М. Ф. Степуро [и др.] // Эффективное овощеводство в современных условиях: материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 80-летию РУП «Институт овощеводства НАН Беларуси», Минск, июль 2005 г. / Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т овощеводства НАН Беларуси ; редкол.: А. А. Аутко (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2005. – С. 290–295.
12. Томсон, А. Э. Торф и продукты его переработки / А. Э. Томсон, Г. В. Наумова. – Минск : Беларус. навука, 2009. – 328 с.

Поступила в редакцию 28.11.2023 г.

M. F. STEPURO, A. V. MIHNYUK

CHEMICAL COMPOSITION OF TOMATO SEEDLINGS, REMOVAL AND BALANCE OF NUTRIENT ELEMENTS

SUMMARY

The dynamics of the consumption of nutrients when growing tomato seedlings are presented, as well as its effect on the yield before planting in the greenhouse, the removal, balance and coefficient of use of nitrogen, phosphorus and potassium by tomato seedlings, as well as the balance of nutrients in the soil and the residual content of the main elements of mineral nutrition in the substrate volume of the 470 cm³ before planting tomato seedlings in a permanent place, depending on the composition of the substrate and doses of fertilizers. The dose of mineral fertilizers and the composition of the substrate have been established, which ensure optimal removal and balance of nitrogen, phosphorus and potassium.

Key words: chemical composition; removal; balance; seedlings; substrate; fertilizer; peat; expanded clay; perlite; vermiculite.

УДК 635.652.2:631.674.6:631.816.1

М. Ф. Степуро, доктор сельскохозяйственных наук, доцент,
научный консультант

А. И. Чайковский, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,
заместитель генерального директора по научной работе

Е. С. Досина-Дубешко, кандидат сельскохозяйственных наук,
доцент, ученый секретарь

Т. В. Матюк, старший научный сотрудник

П. В. Пась, заведующий отделом

РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук
Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству»,
аг. Самохваловичи, Минский район

ВЛИЯНИЕ ДОЗ УДОБРЕНИЙ ПРИ КАПЕЛЬНОМ ОРОШЕНИИ НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА ОВОЩНОЙ ФАСОЛИ

РЕЗЮМЕ

Представлены результаты исследований по влиянию доз минеральных удобрений в сочетании с гуминовосодержащими удобрениями с микроэлементами при выращивании фасоли на урожайность, биологическую активность почвы, вынос элементов питания и экономическую эффективность. Наиболее эффективным оказалось внесение доз удобрений $N_{90}P_{60}K_{120}Mg_{10}$ + Гумилэнд (3,0 л/га) + В (150 г/га) + Мо (15 г/га) и $N_{90}P_{60}K_{120}Mg_{10}$ + Монофосфат калия (2,1 кг/га), которые обеспечили урожайность семян фасоли на уровне 3,5–3,7 т/га, прибавку 1,4–1,6 т/га, или 67–76 %, а также наибольшую окупаемость – 5,6 кг продукции на 1 кг вносимых удобрений.

Ключевые слова: фасоль; технология выращивания; удобрения; капельный полив; урожайность; качество зерна; биологическая активность почвы; вынос элементов питания.

ВВЕДЕНИЕ

Фасоль является ценной высокобелковой культурой, которая характеризуется хорошими вкусовыми качествами и имеет многостороннее использование в пищевой промышленности. Блюда из фасоли рекомендуется употреблять людям, работающим с радиоизотопами. Содержащееся в фасоли значительное количество клетчатки и пектинов способствует связыванию в кишечнике многих токсических веществ, в том числе солей тяжелых металлов, радиоактивных элементов и выведению их из организма. В зависимости от используемого продуктового органа фасоль бывает овощная (спаржевая) – в пищу используются бобы и продовольственная (зерновая) – в пищу используются зрелые сухие семена. В настоящее время в ассортимент овощных культур прочно вошла фасоль овощная, которая с 2008 г. в КСУП «Брилево» ежегодно занимает площади 30–40 га. Бобы данного растения обладают высокими диетическими и питательными свойствами, но не могут храниться длительное время и используются в основном для переработки. Короткий период потребительской спелости бобов фасоли (всего 6–8 дней) – создает напряженность в работе линии по консервированию [1].

Фасоль продовольственная реализуется населению через розничную торговую сеть, а также используется перерабатывающей отраслью для изготовления консервов.

РАЗДЕЛ 2. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА, ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩЕЙ

Консервы с использованием фасоли представлены фасолью натуральной, фасолью в овощной, пикантной, томатной заливке и др. Кроме того, в республике может производиться стерилизованная фасоль, а также фасоль с грибами в вакуумной упаковке.

Среднегодовой объем заготовки фасоли для промышленной переработки достигает 250 т и зависит от заявок торговли на выпуск консервов с использованием данного вида сырья. Семена фасоли хранятся несколько лет в неотапливаемых помещениях и не теряют своих потребительских качеств, что позволяет перерабатывающим предприятиям загружать линии и осуществлять выпуск продукции на протяжении всего года, снижать сезонность работы. В связи с тем, что в Беларуси фасоль на зерно в промышленных масштабах не выращивается, предприятия вынуждены работать на 100 %-м импортном сырье [2].

В настоящее время в Государственный реестр сортов сельскохозяйственных растений включены 4 сорта фасоли для производства зерна [3], а также утвержден отраслевой регламент выращивания фасоли спаржевой [4]. Для разработки технологии выращивания фасоли продовольственной требуется уточнение ряда технологических параметров, среди которых дозы удобрений занимают первостепенное значение в повышении урожайности.

Так, согласно исследованиям В. Н. Босака урожайность семян сорта Магура в условиях Беларуси без удобрений составила 30,8 ц/га, а при использовании доз удобрений $N_{30-70}P_{40-60}K_{90-120}$ данный показатель находился в диапазоне 40,9–47,6 ц/га [5]. Урожайность семян ряда сортов фасоли в условиях Южного Зауралья при выращивании без удобрений составляла 8,6–17,4 ц/га, а внесение удобрений в дозе $N_{40}P_{40}K_{40}$ повышало урожайность до 16,9–34,6 ц/га [6]. Исследования, проведенные в Западной Сибири, показали, что урожайность семян фасоли сорта Лукерья без удобрений составила 37,0 ц/га, а применение удобрений в дозах $N_{30-60}P_{30-60}K_{30-60}$ способствовало росту урожайности до 44,0–67,0 ц/га [7].

В этой связи актуальным направлением исследований при разработке технологии выращивания продовольственной фасоли является изучение доз минеральных удобрений в сочетании с гуминовосодержащими препаратами и микроэлементами при капельном орошении, так как такие исследования ранее не проводились.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Научно-исследовательская работа проводилась в 2022 г. на опытном участке РУП «Институт овощеводства», расположенном в аг. Самохваловичи Минского района. Система обработки учитывала биологические особенности бобовых культур, гранулометрический состав почвы и погодноклиматические условия. Основная обработка почвы осуществлялась на глубину пахотного слоя. Для сохранения почвенной влаги проводилась культивация ранней весной. Рыхление и выравнивание поверхности почвы осуществлялось с использованием комбинированных агрегатов.

Перед закладкой опыта после разбивки участка, согласно схеме проведения исследований, были отобраны почвенные образцы для определения pH_{KCl} , содержания подвижных форм фосфора и калия в почве. Почва опытного участка дерново-подзолистая легкосуглинистая, подстилаемая с глубины 0,6–0,8 м мореной. Основные агрохимические показатели пахотного слоя почвы (0–20 см): гумус (по И. В. Тюрину) – 2,3–2,7 %, pH_{KCl} – 6,0–6,2, подвижных форм P_2O_5 и K_2O (по А. Т. Кирсанову) соответственно 372–397 и 278–296 мг/кг почвы.

Опыт по изучению влияния комплексных гранулированных удобрений в сочетании с гуминовосодержащими препаратами с микроэлементами на урожайность

и качество фасоли включал 8 вариантов в 4-кратной повторности:

1. Без удобрений (контроль)
2. $N_{60}P_{45}K_{90}Mg_{10}$;
3. $N_{90}P_{60}K_{120}Mg_{10}$;
4. $N_{120}P_{75}K_{150}Mg_{10}$;
5. $N_{150}P_{90}K_{180}Mg_{10}$;
6. $N_{90}P_{60}K_{120}Mg_{10}$ + Гумилэнд (2,0 л/га) + В (150 г/га) + Мо (15 г/га);
7. $N_{90}P_{60}K_{120}Mg_{10}$ + Гумилэнд (3,0 л/га) + В (150 г/га) + Мо (15 г/га);
8. $N_{90}P_{60}K_{120}Mg_{10}$ + Монофосфат калия (2,1 кг/га).

Некорневые подкормки проводили дважды за вегетационный период: в фазу начала бутонизации и фазу цветения.

Исследования проводили на районированном сорте Зничка. Семена фасоли обрабатывали препаратом Престиж в дозе 25 мл/кг семян. Посев семян фасоли осуществляли в 3-й декаде мая на ровной поверхности с междурядьем 70 см и нормой высева 300 тыс. шт/га на глубину 3–4 см.

Для организации подачи воды использовалась система капельного полива. Поливы проводились по мере необходимости, в зависимости от увлажненности пахотного слоя почвы. Величину нормы полива определяли в зависимости от влажности почвы и глубины распространения основной массы корневой системы и рассчитывали по формуле:

$$T = 100 \times H \times (ВПНВ - ВО),$$

где T – величина нормы полива, м³/га;

H – глубина активного слоя почвы, м;

ВПНВ – влажность почвы при наименьшей влажности, % от объема почвы;

ВО – влажность почвы ко времени полива, % от объема почвы [8].

Расчеты по биологической активности почвы проведены разностным методом.

Удельный вынос продукции рассчитывался по формуле:

$$B_n = \frac{B_x \times 10}{Y_{ост}},$$

где B_n – нормативный (удельный вынос);

B_x – хозяйственный вынос;

$Y_{ост}$ – урожай основной продукции.

Наблюдения и учеты проводили согласно общепринятым методикам [9, 10]. Экономическую эффективность рассчитывали по «Методике определения агрономической и экономической эффективности удобрений и прогнозирования урожая сельскохозяйственных культур» [11].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В результате проведенных исследований по изучению влияния доз удобрений при капельном орошении на урожайность фасоли установлено, что наибольшая урожайность сорта Зничка (3,5–3,7 т/га) была получена при внесении доз удобрений $N_{90}P_{60}K_{120}Mg_{10}$ + Гумилэнд (3,0 л/га) + В (150 г/га) + Мо (15 г/га) и $N_{90}P_{60}K_{120}Mg_{10}$ + Монофосфат калия (2,1 кг/га). Прибавка составила 1,6 и 1,4 т/га, или 76 и 67 % соответственно (табл. 1).

Наименьшая прибавка урожая семян фасоли (0,3–0,6 т/га, или 14–29 %) отмечена по наиболее низким дозам минеральных удобрений в количестве $N_{60}P_{45}K_{90}Mg_{10}$ и $N_{90}P_{60}K_{120}Mg_{10}$ без внесения гуминовосодержащих удобрений. Высокая доза

**РАЗДЕЛ 2. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА,
ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩЕЙ**

Таблица 1 – Влияние различных доз удобрений при капельном орошении на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве на урожайность семян фасоли

Вариант	Урожайность, т/га	Прибавка		Товарность, %
		т/га	%	
Без удобрений (контроль)	2,1	–	–	88
$N_{60}P_{45}K_{90}Mg_{10}$	2,4	0,3	14	97
$N_{90}P_{60}K_{120}Mg_{10}$	2,7	0,6	29	96
$N_{120}P_{75}K_{150}Mg_{10}$	2,8	0,7	33	97
$N_{150}P_{90}K_{180}Mg_{10}$	3,2	1,1	52	96
$N_{90}P_{60}K_{120}Mg_{10}$ + Гумилэнд (2,0 л/га) + В (150 г/га) + Мо (15 г/га)	3,1	1,0	48	98
$N_{90}P_{60}K_{120}Mg_{10}$ + Гумилэнд (3,0 л/га) + В (150 г/га) + Мо (15 г/га)	3,7	1,6	76	99
$N_{90}P_{60}K_{120}Mg_{10}$ + Монофосфат калия (2,1 кг/га)	3,5	1,4	67	97
НСР ₀₅	0,28	–	–	0,44

$N_{150}P_{90}K_{180}Mg_{10}$ обеспечила урожайность семян фасоли на уровне 3,2 т/га, прибавка урожайности составила 1,1 т/га.

Наибольшие показатели товарности семян фасоли (96–99 %) отмечены по дозам удобрений, а на варианте без внесения удобрений товарность семян уменьшалась на 8–11 %.

Питание растений является исключительно важной составной частью обмена веществ в растительном организме, поскольку оно определяет направленность биохимических превращений веществ, рост, развитие, продуктивность растений и качество урожая, что требует индивидуального научного подхода к технологии выращивания каждой овощной культуры, в частности фасоли. Влияние различных доз удобрений и микроэлементов на содержание в семенах водорастворимого белка, жиров исследовано недостаточно. Поэтому изучение и определение биохимических показателей зерна фасоли для почвенно-климатических условий Республики Беларусь является своевременным и актуальным.

В результате определения биохимических показателей в семенах фасоли установлено, что наибольшие величины сухого вещества (89,6–89,9 %), водорастворимого белка (29,1–29,2), общих углеводов (56,4–57,0) и жиров (2,8–2,9 %) получены при внесении полных доз минеральных удобрений в комплексе с гуминовосодержащими удобрениями и микроэлементом бор (150 г/га) (табл. 2).

Проведены исследования по оценке применения материала батиста на биологическую активность почвы в зависимости от изучаемых видов и доз удобрений. В варианте без внесения удобрений биологическая активность почвы составила 9 %, что на 5–8 % ниже, чем в вариантах с внесением удобрений. Наибольшие показатели биологической активности почвы (16–17 %) при выращивании фасоли получены по дозам $N_{90-150}P_{60-90}K_{120-180}Mg_{10}$ и $N_{90}P_{60}K_{120}Mg_{10}$ в комплексе с Гумилэнд (2–3 л/га) + В (150 г/га) + Мо (15 г/га) и монофосфата калия (2,1 кг/га) (табл. 3).

Выявлено, что удельный вынос основных элементов питания семенами фасоли при капельном орошении в полной мере зависит от полных доз, включающих основные элементы питания и микроэлементы. Наибольший удельный вынос 1 т семян фасоли составил: азота 37,0 кг, фосфора – 14,0, калия – 23,0 и магния 6,5 кг. При внесении гуминовосодержащих удобрений в комплексе с микроэлементами бор

**РАЗДЕЛ 2. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА,
ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩЕЙ**

Таблица 2 – Биохимический состав семян фасоли в зависимости от доз удобрений при капельном орошении, %

Вариант	Сухое вещество	Водорастворимый белок	Общая сумма углеводов	Содержание жиров
Без удобрений (контроль)	82,4	27,4	52,4	2,6
$N_{60}P_{45}K_{90}Mg_{10}$	85,6	28,2	54,6	2,8
$N_{90}P_{60}K_{120}Mg_{10}$	86,0	28,1	55,2	2,7
$N_{120}P_{75}K_{150}Mg_{10}$	86,7	27,8	56,1	2,8
$N_{150}P_{90}K_{180}Mg_{10}$	87,9	28,2	56,3	2,7
$N_{90}P_{60}K_{120}Mg_{10}$ + Гумилэнд (2,0 л/га) + В (150 г/га) + Мо (15 г/га)	88,5	29,2	56,2	2,9
$N_{90}P_{60}K_{120}Mg_{10}$ + Гумилэнд (3,0 л/га) + В (150 г/га) + Мо (15 г/га)	89,6	29,1	56,4	3,1
$N_{90}P_{60}K_{120}Mg_{10}$ + Монофосфат калия (2,1 кг/га)	89,9	29,2	57,0	3,0

Таблица 3 – Влияние видов и доз удобрений на биологическую активность почвы при выращивании фасоли на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве

Вариант	Вес батиста, мг		Потери в весе после месячной минерализации в почве, мг	Биологическая активность, %
	до закладки в почву	после изъятия из почвы		
Без удобрений (контроль)	69,2	62,9	6,3	9
$N_{60}P_{45}K_{90}Mg_{10}$	69,4	59,7	9,7	14
$N_{90}P_{60}K_{120}Mg_{10}$	69,3	58,4	10,9	16
$N_{120}P_{75}K_{150}Mg_{10}$	68,8	57,2	11,6	17
$N_{150}P_{90}K_{180}Mg_{10}$	69,1	57,4	11,7	17
$N_{90}P_{60}K_{120}Mg_{10}$ + Гумилэнд (2,0 л/га) + В (150 г/га) + Мо (15 г/га)	68,9	57,6	11,3	16
$N_{90}P_{60}K_{120}Mg_{10}$ + Гумилэнд (3,0 л/га) + В (150 г/га) + Мо (15 г/га)	69,2	57,3	11,9	17
$N_{90}P_{60}K_{120}Mg_{10}$ + Монофосфат калия (2,1 кг/га)	69,1	57,8	11,3	16

и молибден удельный вынос 1 т семян фасоли снизился по азоту на 3–4 кг, фосфору и калию – на 1–2 кг, по магнию повысился на 0,3–0,4 кг (табл. 4).

В результате расчетов экономической эффективности применения удобрений под культуру фасоли установлено, что при внесении совместно минеральных и гуминовосодержащих удобрений в дозе $N_{90}P_{60}K_{120}Mg_{10}$ + Гумилэнд (3,0 т/га) + В (150 г/га) + Мо (15 г/га) на 1 кг NPK произведено наибольшее количество продукции – 5,6 кг, а при внесении дозы $N_{90}P_{60}K_{120}Mg_{10}$ без гуминовосодержащих удобрений на 1 кг NPK данный показатель снизился на 3,5 кг. Объясняется это тем, что прибавка урожайности фасоли на варианте совместного применения минеральных и гуминовосодержащими удобрениями составила 1,0 т/га по сравнению с урожайностью 2,7 т/га по контрольному варианту (без удобрений).

В результате анализа производственно-экономических показателей выращивания фасоли установлена наиболее оптимальная доза $N_{90}P_{60}K_{120}Mg_{10}$ + Гумилэнд (3,0 л/га) + В (150 г/га) + Мо (15 г/га), при которой рентабельность составила 128 %, прибыль от реализации продукции – 8,379 тыс. руб/т. При внесении аналогичной дозы $N_{90}P_{60}K_{120}Mg_{10}$ без использования Гумилэнд и микроэлементов эти показатели уменьшились: снижение прибыли составило 0,381 тыс. руб/т, уровень рентабельности – 4 % (табл. 5).

**РАЗДЕЛ 2. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА,
ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩЕЙ**

Таблица 4 – Удельный вынос основных элементов питания 1 т семян пищевой фасоли в зависимости от доз удобрений при капельном орошении, кг

Вариант	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO
Без удобрений (контроль)	27,7	8,0	17,0	4,8
N ₆₀ P ₄₅ K ₉₀ Mg ₁₀	33,0	12,0	21,0	6,2
N ₉₀ P ₆₀ K ₁₂₀ Mg ₁₀	33,0	13,0	22,0	6,4
N ₁₂₀ P ₇₅ K ₁₅₀ Mg ₁₀	36,0	13,0	22,0	6,7
N ₁₅₀ P ₉₀ K ₁₈₀ Mg ₁₀	37,0	14,0	23,0	6,5
N ₉₀ P ₆₀ K ₁₂₀ Mg ₁₀ + Гумилэнд (2,0 л/га) + В (150 г/га) + Мо (15 г/га)	34,0	12,0	22,0	6,9
N ₉₀ P ₆₀ K ₁₂₀ Mg ₁₀ + Гумилэнд (3,0 л/га) + В (150 г/га) + Мо (15 г/га)	33,0	13,0	21,0	6,8
N ₉₀ P ₆₀ K ₁₂₀ Mg ₁₀ + Монофосфат калия (2,1 кг/га)	34,0	12,0	21,0	6,9

Таблица 5 – Экономическая эффективность применения доз минеральных удобрений при выращивании фасоли на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве

Вариант	Урожайность, т/га	Произведено продукции на 1 кг NPK, кг	Себестоимость реализованной продукции, тыс. руб/т	Прибыль, тыс. руб/т	Рентабельность реализованной продукции, тыс. руб/т
Без удобрений (контроль)	2,1	–	6,554	7,722	118
N ₆₀ P ₄₅ K ₉₀ Mg ₁₀	2,4	1,5	6,332	7,949	126
N ₉₀ P ₆₀ K ₁₂₀ Mg ₁₀	2,7	2,1	6,441	7,998	124
N ₁₂₀ P ₇₅ K ₁₅₀ Mg ₁₀	2,8	2,0	6,548	7,921	121
N ₁₅₀ P ₉₀ K ₁₈₀ Mg ₁₀	3,2	2,6	6,582	8,128	123
N ₉₀ P ₆₀ K ₁₂₀ Mg ₁₀ + Гумилэнд (2,0 л/га) + В (150 г/га) + Мо (15 г/га)	3,1	3,5	6,482	8,075	125
N ₉₀ P ₆₀ K ₁₂₀ Mg ₁₀ + Гумилэнд (3,0 л/га) + В (150 г/га) + Мо (15 г/га)	3,7	5,6	6,541	8,379	128
N ₉₀ P ₆₀ K ₁₂₀ Mg ₁₀ + Монофосфат калия (2,1 кг/га)	3,5	4,9	6,618	8,392	127

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В результате проведенных исследований по изучению влияния доз удобрений при капельном орошении на урожайность фасоли установлено, что наибольшая урожайность у сорта Зничка (3,5–3,7 т/га) получена при внесении доз удобрений N₉₀P₆₀K₁₂₀Mg₁₀ + Гумилэнд (3,0 л/га) + В (150 г/га) + Мо (15 г/га) и N₉₀P₆₀K₁₂₀Mg₁₀ + Монофосфат калия (2,1 кг/га). Прибавка урожайности составила 1,6 и 1,4 т/га, или 76 и 67 % соответственно.

2. В результате определения биохимических показателей в зерне фасоли установлено, что наибольшие величины сухого вещества (89,6–89,9 %), водорастворимого белка (29,1–29,2), общих углеводов (56,4–57,0) и жиров (2,8–2,9 %) получены при внесении полных доз минеральных удобрений в комплексе с гуминовосодержащими удобрениями и микроэлемента бора (150 г/га).

3. В варианте без внесения удобрений биологическая активность почвы составила 9 %, что на 5–8 % ниже, чем в вариантах с внесением удобрений.

4. Определено, что наибольший удельный вынос 1 т семян фасоли составил: азота – 37,0 кг, фосфора – 14,0, калия – 23,0 и магния 6,5 кг по дозе $N_{150}P_{90}K_{180}Mg_{10}$.

5. Расчет экономической эффективности показал преимущество применения дозы минеральных удобрений $N_{90}P_{60}K_{120}Mg_{10}$ совместно с Гумилэнд (3,0 л/га) + В (150 г/га) + Мо (15 г/га), обеспечивающее получение прибыли от реализации продукции в размере 8, 379 тыс. руб/т при уровне рентабельности 128 % и окупаемости продукцией 1 кг НРК в размере 5,6 кг.

Список литературы

1. Фасоль спаржевая в Беларуси / А. И. Чайковский [и др.]. – Минск : [б. и.], 2009. – 168 с.
2. Перспективы производства продовольственной фасоли в Беларуси / А. И. Чайковский [и др.]. // Овощеводство : сб. науч. тр. / Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т овощеводства ; редкол.: А. И. Чайковский (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2021. – Т. 29. – С. 230–241.
3. Государственный реестр сортов сельскохозяйственных растений / М-во сельского хозяйства и прод. Респ. Беларусь, Гос. инспекция по испытанию и охране сортов растений ; ред. В. А. Бейня, сост.: Т. В. Семашко [и др.]. – Минск : [б. и.], 2023. – 296 с.
4. Возделывание фасоли овощной. Типовые технологические процессы : отраслевой регламент : утв. 27.10.2009 : введ. 01.02.2010 / А. А. Аутко [и др.] // Организационно-технологические нормативы возделывания овощных, плодовых и ягодных культур и выращивания посадочного материала : сб. отраслевых регламентов / Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т систем. исслед. в АПК НАН Беларуси ; рук. разработ.: В. Г. Гусаков [и др.]. – Минск, 2010. – С. 134–145.
5. Босак, В. Н. Применение удобрений и регуляторов роста в посевах фасоли овощной / В. Н. Босак, Т. В. Сачивко, О. Н. Минюк // Овощеводство : сб. науч. тр. / Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т овощеводства ; редкол.: А. И. Чайковский (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2018. – Т. 26. – С. 15–20.
6. Порсев, И. Н. Роль минерального питания в повышении урожайности фасоли обыкновенной в условиях Южного Зауралья / И. Н. Порсев, Д. В. Гладков, В. Л. Дерябин // Знание. – 2019. – № 1-1(65). – С. 73–77.
7. Склярова, М. А. Диагностика потребности зерновой фасоли в удобрениях на основе полевого опыта / М. А. Склярова, А. Е. Гаврилюк // Энтузиасты аграрной науки : сб. ст. по материалам Междунар. конф., Краснодар, 31 мая 2018 г. / Кубанский гос. аграр. ун-т им. И. Т. Трубилина ; отв. за вып. А. Х. Шеуджен. – Краснодар, 2018. – Т. 19. – С. 15–20.
8. Степура, М. Ф. Удобрение и орошение овощных культур / М. Ф. Степура. – Минск : ОДО «Рэйплац», 2008. – 142 с.
9. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта: с основами стат. обраб. результатов исслед. / Б. А. Доспехов. – 4-е изд. – М. : Колос, 1979. – 415 с.
10. Методика опытного дела в овощеводстве и бахчеводстве / Науч.-исслед. ин-т овощного хоз-ва НПО по овощеводству «Россия» ; под ред. В. Ф. Белика. – М. : Агропромиздат, 1992. – 319 с.
11. Методика определения агрономической и экономической эффективности минеральных и органических удобрений / И. М. Богдевич [и др.]. – Минск : Ин-т почвоведения и агрохимии, 2010. – 24 с.

Поступила в редакцию 05.12.2023 г.

M. F. STEPURO, A. I. CHAYKOVSKIY, E. S. DOSINA-DUBESHKO,
T. V. MATYUK, P. V. PAS

THE INFLUENCE OF FERTILIZER DOSES DURING DRIP IRRIGATION ON YIELD AND QUALITY OF GREEN BEAN GRAIN

SUMMARY

The results of studies on the effect of doses of mineral fertilizers in combination with humic-containing fertilizers with microelements when growing beans on the yield, biological activity of the soil, removal of nutrients and economic efficiency have been presented. The most effective was the application of doses of fertilizers $N_{90}P_{60}K_{120}Mg_{10}$ + Humiland (3.0 l/ha) + B (150 g/ha) + Mo (15 g/ha) and $N_{90}P_{60}K_{120}Mg_{10}$ + Potassium monophosphate (2.1 kg/ha), which ensured productivity of bean seeds at the level of 3.5–3.7 t/ha, an increase of 1.4–1.6 t/ha or 67–76 %, as well as the highest payback – 5.6 kg of products per 1 kg of applied fertilizers.

Key words: bean; growing technology; fertilizers; drip irrigation; yield; grain quality; soil biological activity; removal of nutrients.

УДК 635.21:631.526.32–048.24:631.524.8

Д. Д. Фицуро, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,
заведующий лабораторией технологий производства и хранения картофеля

В. А. Сердюков, научный сотрудник

В. Д. Тараканова, младший научный сотрудник

Д. С. Гастило, кандидат сельскохозяйственных наук,
старший научный сотрудник

РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук
Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству»,
аг. Самохваловичи, Минский район

ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ НОВЫХ СОРТОВ КАРТОФЕЛЯ К ВРЕМЕННОМУ ИЗБЫТОЧНОМУ УВЛАЖНЕНИЮ ПОЧВЫ В ПЕРИОД ВЕГЕТАЦИИ

РЕЗЮМЕ

Представлены результаты исследований влияния временного избыточного увлажнения почвы при выращивании сортов картофеля Юлия, Першацвет, Палац, Мастак, Гарантия, Лель, Нара, Рубин на продуктивность, структуру урожая и биохимические показатели клубней на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве.

В зависимости от сорта и стадии развития растения при затоплении в фазу бутонизации – цветения продуктивность снижалась от 2,9 % (–16,3 г/куст) до 76,1 % (–562,4 г/куст) у сортов Рубин и Мастак соответственно, а в фазу отмирания ботвы – от 8,3 % (–53,9 г/куст) до 63,2 % (–471,8 г/куст) у сортов Нара и Юлия соответственно.

Больше всего сухих веществ накапливалось клубнями в контрольном варианте, их количество было от 17,0 до 26,4 % у сортов Першацвет и Нара соответственно. Четкой закономерности влияния временного избыточного увлажнения на накопление белка в клубнях не установлено. Количество витамина С непосредственно зависело от сорта, больше всего у сорта Лель – 23,4 мг%, а меньше всего у сорта Першацвет – 8,9 мг%. Наименьшее количество нитратов было накоплено клубнями сорта Нара – 64,0–120,5 мг/кг сырого веса, а наибольшее – у сорта Гарантия – 133,7–184,7 мг/кг.

Ключевые слова: картофель; сорт; временное избыточное увлажнение; продуктивность; биохимические показатели; Беларусь.

ВВЕДЕНИЕ

Изучение проблемы адаптации растений к временному избыточному увлажнению (ВИУ) почвы не менее важно, чем исследование их приспособительных реакций к действию иных стрессовых факторов среды. В естественных условиях посадки картофеля часто подвергаются кратковременному переувлажнению почвы. Это особенно характерно для участков суглинистой почвы с невыровненным рельефом. При переувлажнении происходит снижение аэрации почвы, активируются анаэробные процессы, приводящие к накоплению в ней органических кислот, спиртов, CO₂, H₂, этилена и других соединений, влияющих на метаболизм растений. Однако аналогия

РАЗДЕЛ 2. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА, ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩЕЙ

в функциональных и анатомо-морфологических изменениях растительной ткани при затоплении и атмосферной аноксии позволяет считать именно дефицит кислорода в условиях переувлажнения главным фактором, снижающим метаболические процессы. Снижение содержания кислорода в почве ведет к изреживанию посадок, уменьшению продуктивности растений, существенным потерям урожая [1].

При ВИУ почвы наблюдается почти полное прекращение поглощения воды, происходит общее ослабление физиологической деятельности растений, приостанавливается их рост. У растений, подвергшихся временному переувлажнению, внешние изменения проявляются в падении тургора листьев и стеблей, приводящего к их завяданию [2–4].

Исходя из вышеизложенного целью нашей работы было оценить реакцию новых сортов картофеля на кратковременное избыточное увлажнение почвы в основные фазы роста и развития растений.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Исследования проводили в лаборатории технологий производства и хранения картофеля РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству» в 2014–2019 гг. по схеме двухфакторного опыта:

фактор А – сорт (Юлия, Першачвет, Палац, Мастак, Гарантия, Лель, Нара, Рубин);

фактор В – ВИУ по следующим вариантам:

Вариант 1. Влажность почвы в течение вегетации 70–80 % полной влагоемкости – контроль;

Вариант 2. Влажность почвы 110–120 % от наименьшей влагоемкости в течение трех суток в фазе бутонизации – начала цветения;

Вариант 3. Влажность почвы 110–120 % от наименьшей влагоемкости в течение трех суток в фазе начала отмирания ботвы.

Вегетационный опыт проводили с использованием сосудов Вагнера в условиях центральной агроклиматической зоны (аг. Самохваловичи Минского района). Почва дерново-подзолистая среднесуглинистая. Объем почвы каждого сосуда – 23–25 кг. Повторность опыта – 3-кратная.

Посадку выполняли, когда почва на глубине заделки клубней прогревалась до 6–8 °С. По календарным срокам это 3-я декада апреля – 1–2-я декада мая в зависимости от года исследований. Минеральные удобрения вносились из расчета 90 кг/га д. в. азота (сульфат аммония), 60 – фосфора (аммофос) и 150 кг/га д. в. калия (хлористый калий).

ВИУ создавали путем искусственного доведения влажности почвы до 110–120 % от наименьшей влагоемкости в вариантах 1 и 2, в контрольном варианте влажность почвы в течение всего периода вегетации поддерживали на уровне 70–80 % от наименьшей влагоемкости. За 14 дней до уборки было проведено механическое удаление ботвы.

По результатам агрохимического анализа почвы следует отметить высокую кислотность, которая изменялась от кислой до сильнокислой – 4,5–5,6 (1–3 группа обеспеченности), содержание гумуса – от недостаточного (1,81 %) до среднего (2,23 %) – группа обеспеченности 3–4 соответственно. Отмечалось высокое содержание калия (307,6–378,3 мг/кг) и фосфора (212,9–380,26) в почве, марганца – от среднего до избыточного (9,47–46,2; 2–4 группа), меди и бора – от низкого до среднего (1,0–8,0 и 0,05–1,7 соответственно; 1–2 группа), цинка – от низкого до высокого (1,7–5,9; 1–3 группа), магния – от очень низкого до низкого (12,0–87,7 мг/кг; 1–2 группа) [5].

Исследования выполняли согласно методическим рекомендациям [6, 7]. В лаборатории биохимической оценки картофеля центра определяли содержание сухого

вещества термостатно-весовым методом, витамина С – по Мурри, нитратов – ионоselectивным методом [8], суммарного белка – с реактивом Оранж Ж [9], редуцирующих сахаров – с реактивом Самнера [10]. Экспериментальные данные обработаны программой Statistica 10. Содержание меди, бора, цинка, марганца и магния определяли на приборе LASAAGRO 100.

Результаты исследований были обработаны методом дисперсионного анализа по «Методике полевого опыта» Б. А. Доспехова и программой Statistica 10 [11].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В результате проведенных исследований установлено, что ВИУ дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы в течение трех суток в фазы бутонизации – цветения и отмирания ботвы отрицательно повлияло на продуктивность всех исследуемых сортов картофеля. Каждый сорт отреагировал на ВИУ по-разному, что непосредственно является сортовым признаком (табл. 1).

Максимальная продуктивность исследуемых сортов была в контрольном варианте, которая изменялась в пределах от 499,1 до 746,3 г/куст у сортов Гарантия и Юлия соответственно.

При оценке влияния ВИУ почвы на продуктивность новых сортов картофеля установлено, что критический период, в который отмечено максимальное снижение продуктивности, – бутонизация – цветение у всех исследуемых сортов, за исключением сорта Рубин, у которого максимальное снижение было отмечено при ВИУ в фазу отмирания ботвы. Снижение продуктивности при затоплении почвы в фазу бутонизации – цветения варьировало от 2,9 % (–16,3 г/куст) до 76,1 % (–562,4 г/куст) у сортов Рубин и Мстак соответственно, а в фазу отмирания ботвы – от 8,3 % (–53,9 г/куст) до 63,2 % (–471,8 г/куст) у сортов Нара и Юлия соответственно.

Важно выделить сорта картофеля, у которых независимо от стадии развития растения при ВИУ в течение трех суток отмечено наименьшее снижение урожайности: Першацвет (18,5–24,8 %), Лель (13,1–27,1), Нара (8,3–30,7) и Рубин (2,9–10,3 %).

В структуре урожая контрольного варианта, где влажность почвы в течение вегетации была в оптимальных пределах (70–80 % наименьшей влагоемкости), преобладала крупная фракция клубней. Ее количество изменялось от 62,0 % (Нара) до 89,6 % (Рубин). В опытных вариантах 2 и 3 также больше всего было крупных клубней, в варианте 2 их количество изменялось от 57,7 % (Палац) до 84,6 % (Гарантия), а в 3-м варианте – от 57,7 % (Палац) до 80,0 % (Гарантия). Следует выделить сорта Юлия и Мстак, у которых при ВИУ в структуре урожая было больше семенных клубней, их количество варьировало в пределах 56,9–62,5 и 56,7–66,3 % соответственно.

Исходя из этого можно сделать вывод о том, что ВИУ в течение трех суток в фазы бутонизации – цветения и отмирания ботвы ведет к снижению продуктивности, выхода количества крупных, а также увеличению числа семенных и мелких клубней в зависимости от сорта. Реакцию каждого исследуемого сорта на переувлажнение почвы можно отнести к сортовому признаку (биологической особенности сорта), который может существенно изменяться.

Качество картофеля зависит от содержания в клубнях биохимических веществ, поэтому была проведена оценка влияния ВИУ на их количество в клубнях в зависимости от стадии развития растений. Установлено, что наибольшее количество сухих веществ и крахмала накапливалось клубнями в контрольном варианте независимо от сорта и изменялось в пределах от 17,0 % (Першацвет) до 26,4 % (Нара) по содержанию сухих веществ, крахмала – от 11,4 до 19,4 % соответственно. Важно отметить, что переувлажнение

**РАЗДЕЛ 2. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА,
ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩЕЙ**

Таблица 1 – Влияние ВИУ почвы на продуктивность новых сортов картофеля и ее структуру, 2014–2019 гг.

Вариант	Продуктивность		Структура урожая,%		
	г/куст	± к контролю,%	< 60 мм	30–60 мм	> 30мм
Юлия					
Вариант 1 К	746,3	–	74,8	17,8	7,4
Вариант 2	192,6	–74,2	21,4	62,5	16,1
Вариант 3	274,5	–63,2	26,8	56,9	16,3
Першацвет					
Вариант 1 К	641,8	–	86,1	10,8	3,1
Вариант 2	482,7	–24,8	73,4	18,0	8,6
Вариант 3	523,2	–18,5	78,2	11,3	10,5
Палац					
Вариант 1 К	650,0	–	67,1	30,1	2,8
Вариант 2	380,0	–41,5	57,7	32,4	9,9
Вариант 3	557,0	–14,3	57,7	21,1	21,2
Мастак					
Вариант 1 К	738,9	–	77,9	20,0	2,1
Вариант 2	176,5	–76,1	23,3	66,3	10,4
Вариант 3	293,6	–60,3	29,2	56,7	14,1
Гарантия					
Вариант 1 К	499,1	–	85,4	11,5	3,1
Вариант 2	168,9	–66,2	84,6	12,1	3,3
Вариант 3	304,9	–38,9	80,0	19,0	1,0
Лель					
Вариант 1 К	683,3	–	64,5	33,3	2,2
Вариант 2	495,4	–27,1	58,9	37,0	4,1
Вариант 3	591,9	–13,1	64,6	33,1	2,3
Нара					
Вариант 1 К	651,3	–	62,0	36,5	1,5
Вариант 2	451,2	–30,7	61,2	34,7	4,1
Вариант 3	597,4	–8,3	64,5	34,6	0,9
Рубин					
Вариант 1 К	554,0	–	89,6	7,9	2,5
Вариант 2	537,7	–2,9	79,5	16,4	4,1
Вариант 3	497,1	–10,3	72,8	24,6	2,6
НСР₀₅:					
фактор А – сорт	185,5				
фактор В – ВИУ	90,7				
взаимодействие А : В	43,3				

Примечание. В таблицах 1 и 2 вариант 1 К – контроль; вариант 2 – ВИУ в фазу бутонизации – цветения; вариант 3 – ВИУ в фазу отмирания ботвы.

почвы в фазы бутонизации – цветения и отмирания ботвы у исследуемых сортов вело к снижению содержания в клубнях сухих веществ и крахмала. Наибольшее снижение было в фазу бутонизации – цветения у всех исследуемых сортов, за исключением сорта Рубин, у которого оно было в фазу отмирания ботвы (–2,0 %). Потери сухих веществ варьировали от 2,0 до 9,7 %, а крахмала от 1,9 до 7,9 % у сортов Лель и Мастак соответственно, что является статистически достоверным. ВИУ почвы в фазу бутонизации – цветения не повлияло на количественный показатель содержания сухих веществ и крахмала в клубнях сортов Юлия, Першацвет и Лель (табл. 2).

**РАЗДЕЛ 2. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА,
ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩЕЙ**

Таблица 2 – Влияние ВИУ почвы на биохимические показатели новых сортов картофеля, 2014–2019 гг.

Вариант	Сухое вещество, %	Крахмал, %	Суммарный белок, %	Витамин С, мг%	Нитраты, мг/кг
Юлия					
Вариант 1 К	19,2	13,4	0,96	20,5	125,0
Вариант 2	15,7	10,0	1,05	18,2	130,7
Вариант 3	18,7	12,9	1,19	16,6	160,8
Першацвет					
Вариант 1 К	17,0	11,4	1,05	8,9	97,0
Вариант 2	14,2	8,5	1,03	7,8	121,2
Вариант 3	16,4	10,6	0,99	9,4	111,2
Палац					
Вариант 1 К	19,2	13,4	0,93	17,7	70,4
Вариант 2	14,2	8,5	0,97	19,4	61,1
Вариант 3	16,4	10,6	1,03	18,6	94,8
Мастак					
Вариант 1 К	26,0	18,5	0,92	19,3	75,3
Вариант 2	16,3	10,6	1,02	16,9	119,2
Вариант 3	21,6	15,0	1,16	13,7	130,7
Гарантия					
Вариант 1 К	21,7	15,9	0,99	18,0	133,7
Вариант 2	14,2	8,4	1,02	16,3	146,3
Вариант 3	18,0	12,3	1,02	14,9	184,7
Лель					
Вариант 1 К	24,0	17,2	0,97	23,4	123,4
Вариант 2	22,0	15,3	1,02	22,8	97,3
Вариант 3	23,5	16,7	1,11	23,8	138,6
Нара					
Вариант 1 К	26,4	19,4	0,89	16,6	64,0
Вариант 2	23,1	16,0	0,91	16,5	120,5
Вариант 3	24,5	17,9	0,90	16,3	117,3
Рубин					
Вариант 1 К	20,9	14,5	1,01	14,4	88,6
Вариант 2	19,6	13,0	0,69	14,0	172,3
Вариант 3	18,9	12,5	0,88	15,9	97,0
НСР₀₅:					
фактор А – сорт	1,79	1,93	0,04	1,24	14,36
фактор В – ВИУ	0,89	0,92	0,04	1,13	21,52
взаимодействие А : В	1,06	1,26	0,03	0,97	16,59

Содержание в клубнях суммарного белка непосредственно является сортовой особенностью. При благоприятных условиях (контрольный вариант) в течение всего периода вегетации данный показатель варьировал от 0,89 % (Нара) до 1,05 % (Першацвет). Четкой закономерности влияния ВИУ на накопление белка в клубнях не установлено. В зависимости от варианта исследования при ВИУ его количество повышалось у сортов Юлия, Палац, Мастак и Лель на 0,09–0,23; 0,04–0,10; 0,1–0,24 и 0,05–0,14 % соответственно. У сортов Гарантия и Нара количество суммарного белка в вариантах 2 и 3 было на уровне контроля, в пределах НСР. У сорта Рубин установлена обратная реакция, при ВИУ почвы отмечено снижение суммарного белка в вариантах 2 и 3 на 0,32

РАЗДЕЛ 2. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА, ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩЕЙ

и 0,13 % соответственно. Необходимо также отметить, что ВИУ в фазу бутонизации – цветения не оказало влияния на количество суммарного белка в клубнях сорта Першацвет, а при ВИУ в фазу отмирания ботвы его количество достоверно снижалось по сравнению с контролем на 0,06 %.

Содержание витамина С в клубнях исследуемых сортов непосредственно зависело от сорта. При благоприятных условиях для роста и развития растений больше всего его было у сорта Лель – 23,4 мг%, а меньше всего – у сорта Першацвет – 8,9 мг%. Установлено, что ВИУ ведет к снижению этого вещества в клубнях сортов Юлия, Мастак и Гарантия на 2,3–3,9; 2,4–5,6 и 1,7–3,1 мг% соответственно в зависимости от стадии развития растения. Однако максимальное снижение было при ВИУ в фазу отмирания ботвы. У сортов Першацвет, Палац, Лель и Нара количество витамина С в клубнях не зависело от варианта исследования и показатели были в пределах НСР по отношению к контролю. Важно отметить, что у сорта Рубин при переувлажнении почвы в фазу отмирания ботвы количество витамина С было больше на 1,5 мг% (15,9 мг%), что статистически достоверно по отношению к контрольному варианту (14,4 мг%).

Наименьшее количество нитратов было накоплено клубнями сорта Нара – 64,0–120,5 мг/кг сырого веса, а наибольшее – у сорта Гарантия – 133,7–184,7 мг/кг. Четкой закономерности влияния ВИУ на накопление нитратов в клубнях в пределах одного сорта не выявлено, за исключением сортов Мастак и Нара. Независимо от стадии развития растений ВИУ статистически достоверно вело к повышению уровня нитратов в клубнях сорта Мастак на 43,9 и 55,4 мг/кг, а у сорта Нара – на 56,5 и 53,3 мг/кг сырого веса. Важно отметить, что при ВИУ в фазу бутонизации – цветения у сорта Лель наблюдалось достоверное снижение количества нитратов на 26,1 мг/кг (с 123,4 до 97,3 мг/кг сырого веса (вариант 2)). Затопление почвы в фазу бутонизации – цветения не повлияло на накопление нитратов у сортов Юлия, Палац и Гарантия, а в фазу отмирания ботвы у сортов Першацвет, Лель и Рубин показатели находились в пределах ошибки опыта.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Временное избыточное увлажнение почвы в течение трех суток в фазы бутонизации – цветения и отмирания ботвы ведет к снижению продуктивности, выхода количества крупных, а также увеличению числа семенных и мелких клубней в зависимости от сорта. Реакцию каждого исследуемого сорта на переувлажнение почвы можно отнести к сортовому признаку (биологической особенности сорта).

При ВИУ почвы в фазу бутонизации – цветения продуктивность картофеля снижалась от 2,9 % (–16,3 г/куст) до 76,1 % (–562,4 г/куст) у сортов Рубин и Мастак соответственно, а в фазу отмирания ботвы – от 8,3 % (–53,9 г/куст) до 63,2 % (–471,8 г/куст) у сортов Нара и Юлия соответственно.

ВИУ в фазы бутонизации – цветения и отмирания ботвы ведет к снижению содержания в клубнях сухих веществ и крахмала независимо от сорта.

Содержание в клубнях суммарного белка – это сортовой признак. Четкой закономерности влияния ВИУ на накопление белка в клубнях не установлено.

Количество витамина С в клубнях исследуемых сортов непосредственно зависело от сорта. Больше всего было у сорта Лель – 23,4 мг%, а меньше всего – у сорта Першацвет – 8,9 мг%. Установлено, что ВИУ ведет к снижению этого вещества в клубнях сортов Юлия, Мастак и Гарантия на 2,3–3,9; 2,4–5,6 и 1,7–3,1 мг% соответственно. У сорта Рубин при переувлажнении почвы в фазу отмирания ботвы количество витамина С повысилось на 1,5 мг% (15,9 мг%).

Четкой закономерности влияния ВИУ на накопление нитратов в клубнях в пределах одного сорта не выявлено, за исключением сортов Мастак и Нара. Независимо от стадии развития растений ВИУ статистически достоверно вело к повышению уровня нитратов в клубнях сорта Мастак на 43,9 и 55,4 мг/кг, а у сорта Нара – на 56,5 и 53,3 мг/кг сырого веса.

Список литературы

1. Реакция новых сортов картофеля на временное избыточное переувлажнение и недостаток почвенной влаги / Е. В. Радкович [и др.] // Картофелеводство : сб. науч. тр. / Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству. – Минск, 2007. – Вып. 13. – С. 302–309.
2. Удовенко, Г. В. Принципы и приемы диагностики устойчивости растений к экстремальным условиям среды / Г. В. Удовенко, Э. А. Гончарова // С.-х. биология. – 1989. – № 1. – С. 18–24.
3. Пустовойтова, Т. Н. Основные направления в изучении влияния засухи на физиологические процессы у растений / Т. Н. Пустовойтова // Физиология и биохимия культурных растений. – 1992. – Т. 24. – № 1. – С. 12–18.
4. Чиркова, Т. В. О путях приспособления растений к гипоксии и аноксии / Т. В. Чиркова // Физиология растений. – 1988. – Т. 35. – Вып. 2. – С. 393–398.
5. Справочник агрохимика / В. В. Лапа [и др.] ; под ред. В. В. Лапы. – Минск : Беларус. наука, 2007. – С. 338–340.
6. Методика исследований по культуре картофеля / Науч.-исслед. ин-т картоф. хоз-ва ; редкол.: Н. А. Андрияшина [и др.]. – М. : [б. и.], 1967. – 265 с.
7. Методические рекомендации по специализированной оценке сортов картофеля / С. А. Банадысев [и др.] ; М-во сел. хоз-ва и прод. Респ. Беларусь. – Минск : [б. и.], 2003. – 71 с.
8. Практикум по агрохимии / Б. А. Ягодин [и др.] ; под ред. Б. А. Ягодина. – М. : Агропромиздат, 1987. – 512 с.
9. Методы биохимического исследования растений / В. В. Арасимович [и др.] ; под ред. А. И. Ермакова. – М. : Колос, 1987. – 456 с.
10. Luchhisinger, W. W. Reducing power by the dinitrosallycyl acid method / W. W. Luchhisinger, B. A. Corneski // Anal. Bbiochem. – 1962. – № 4. – P. 346.
11. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – 5-е изд. доп. и перераб. – М. : Колос, 1985. – 416 с.

Поступила в редакцию 30.11.2023 г.

D. D. FITSURO, V. A. SERDYUKOV, V. D. TARAKANOVA,
D. S. GASTILO

ASSESSMENT OF THE RESISTANCE OF NEW POTATO VARIETIES TO TEMPORARY EXCESSIVE SOIL MOISTURE DURING THE GROWING PERIOD

SUMMARY

The results of studies of the influence of temporary excess moisture (TEM) when growing potato varieties Yuliya, Pershatsvet, Palats, Mastak, Garantiya, Lel, Nara, Rubin on productivity, crop structure and biochemical indicators of tubers on sod-podzolic medium loamy soil are presented.

**РАЗДЕЛ 2. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА,
ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩЕЙ**

Depending on the variety and stage of plant development, when flooded during the bud-formation phase, productivity decreased from 2.9 % (–16.3 g/bush) to 76.1 % (–562.4 g/bush) for Rubin and Mastak varieties, respectively, and in the phase of tops necrosis from 8.3 % (–53.9 g/bush) to 63.2 % (–471.8 g/bush) in the Nara and Yuliya varieties, respectively.

The tubers in the control variant accumulated the most dry matter, it amounted from 17.0 to 26.4 % in the varieties Pershatsvet and Nara, respectively. A clear pattern of the influence of TEM on the accumulation of protein in tubers has not been established. The amount of vitamin C directly depended on the variety, the highest in the Lel variety – 23.4 mg%, and the lowest in the Pershatsvet variety – 8.9 mg%. The smallest amount of nitrates was accumulated by the tubers of the Nara variety – 64.0–120.5 mg/kg wet weight, and the highest in the Garantiya variety – 133.7–184.7 mg/kg.

Key words: potato; variety; temporary excess moisture; productivity; biochemical indicators; Belarus.

УДК 635.21:631.526.32

Н. А. Хох, кандидат сельскохозяйственных наук,
заведующий отделом картофеля

М. О. Осовик, заведующий отраслевой лабораторией агробиотехнологии

И. И. Шкляр, научный сотрудник

РУП «Гродненский зональный институт растениеводства Национальной академии наук Беларуси», г. Щучин, Гродненская область

ПРОДУКТИВНОСТЬ И КАЧЕСТВО СОРТОВ КАРТОФЕЛЯ С ЦВЕТНОЙ МЯКОТЬЮ В ПОЧВЕННО-КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ ГРОДНЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

РЕЗЮМЕ

Представлены результаты исследований по комплексной оценке отечественных сортов картофеля с цветной мякотью в почвенно-климатических условиях Гродненской области. Дана их оценка по продуктивности и биохимическим показателям.

Сорта Сапфир и Лекар с урожайностью 43,5–51,3 т/га и суммарной антиоксидантной способностью 1 109,6–1 179,6 мМ/100 г, очень высоким содержанием витамина С и, соответственно, средним и высоким содержанием белка являются конкурентоспособными и перспективными сортами для сторонников здорового и диетического питания.

Ключевые слова: картофель; сорт; цветная мякоть; урожайность; товарность; содержание; суммарная антиоксидантная способность.

ВВЕДЕНИЕ

В мире в последнее время растет доля инновационных пищевых продуктов с использованием сортов картофеля с пигментированной мякотью. По количеству антиоксидантов «цветной» картофель стоит в одном ряду с такими овощами, как брокколи, брюссельская капуста, морковь, шпинат, зеленные культуры, болгарский перец, свекла столовая [1, 2].

Причина цветной окраски мякоти – повышенное содержание пигментов-антоцианов, которые являются полезнейшими для человека антиоксидантами. Они не вырабатываются в нашем организме и поступают только с пищей. У клубней с цветной мякотью антиоксидантная способность в 6–7 раз больше, чем с белой или кремовой. И чем насыщеннее окраска кожуры и мякоти клубней, тем выше антиоксидантная активность и тем полезнее картофель для здоровья. Обладая высокой активностью, данные вещества замедляют процессы окисления в организме и тем самым затормаживают старение. Кроме того, они блокируют и предотвращают развитие таких серьезных недугов, как рак, атеросклероз, сердечные коронарно-сосудистые заболевания, катаракта и др. Ученые указывают, что в отличие от обычного картофеля, картофель с цветной мякотью не запрещен для диабетиков – его можно есть в запеченном виде, и это не влияет на показатели сахара. В мякоти цветного картофеля накапливается до 63,4 мг% аскорбиновой кислоты, что в два раза выше в сравнении с обычным картофелем. По содержанию витамина С цветной картофель превосходит репчатый лук, виноград и красную смородину: в 300 г клубней содержится почти суточная норма витамина. В клубнях цветного картофеля содержится инозитол (витамин В8), блокирующий

отложение холестерина, по его содержанию (до 30 мг/100 г) вареный картофель превосходит многие фрукты и овощи, уступая только цветной капусте и луку. Суточной нормой цветного картофеля можно компенсировать до 15 % потребности организма в фосфоре, до 60 % – в калии, железе и меди, до 30 % – в марганце [3, 4].

Впервые в мире на серьезной научной основе данное направление стало развиваться в США. Картофелеперерабатывающие заводы уже производят продукты из цветного картофеля в виде салатов и цветных картофельных чипсов. В странах Европы выведены и возделываются более десяти «цветных» сортов. В начале XXI в. подобные исследования начаты в России, Украине, Казахстане, имеются сорта, внесенные в госреестры этих стран [5, 6].

В последнее время вопросу селекции сортов с цветной кожурой и мякотью, изучению их особенностей большое внимание уделяют и отечественные селекционеры. Установлено, что суммарная антиоксидантная способность клубней картофеля в зависимости от цвета кожуры и мякоти изменяется от 32 до 9 650 μM эквивалента аскорбиновой кислоты/100 г сырого веса. У клубней картофеля с фиолетовой кожурой суммарная антиоксидантная способность клубней (САОС) в 1,6 раза выше, чем у клубней с красной кожурой, и в 3,3 раза – чем с желтой. У клубней картофеля с фиолетовой и красной мякотью САОС в 2,7 раза превышает данный показатель у образцов с кремовой, желтой и белой мякотью [7].

В связи с этим испытание полученных селекционерами сортообразцов с цветной кожурой и мякотью, характеризующихся высоким содержанием антиоксидантов, в почвенно-климатических условиях Гродненской области является актуальным. Поэтому цель наших исследований – оценка сортов картофеля с цветной окраской кожуры и мякоти по продуктивности, устойчивости к болезням и биохимическим показателям.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Исследования проводились на опытном поле РУП «Гродненский зональный институт растениеводства НАН Беларуси» в 2019–2022 гг. Сорт Сапфир в экологическом испытании находился в 2019–2020 гг., сорт Лекар – в 2021–2022 гг. Стандартом в данных исследованиях являлся среднепоздний сорт Вектар.

Почва участка дерново-подзолистая супесчаная, подстилаемая с глубины 0,7 м моренным суглинком. Агрохимические показатели пахотного слоя почвы следующие: рН в КСl – 4,8–5,5, содержание подвижного фосфора – 366–600 мг/кг почвы, обменного калия – 209–365 мг/кг почвы, гумуса – 1,58–1,70 %. Предшественник – озимые зерновые культуры.

Закладка опытов ежегодно осуществлялась вручную в оптимальные для Гродненской области сроки. Делянки двухрядковые, по 30 клубней в рядке, схема посадки 70×35 см. Учетная площадь делянки – 14,0 м². До посадки вносились минеральные удобрения из расчета $\text{N}_{80}\text{P}_{45}\text{K}_{210}$ кг д. в/га. Химпрополка осуществлялась почвенным гербицидом Мистрал (0,9–1,0 кг/га) с последующим внесением при необходимости противозлакового гербицида Пантера (1,0 л/га). Ежегодно 4-кратно проводились фунгицидные обработки следующими препаратами: Ридомил Голд МЦ (2,5 кг/га), Инфинито (1,6 л/га), Ревус Топ (0,6 л/га), Ширма (0,4 л/га). В 2022 г. на завершающем этапе применяли Банджо Форте (1,0 л/га). Вредителей контролировали в зависимости от года инсектицидами Актара (0,08 кг/га), Мовенто Энерджи (0,6 кг/га) или Протеус (0,75 л/га). При высоте растений 15–20 см осуществлялась подкормка азотом (N_{40} кг д. в/га), затем две некорневые подкормки КомплеМет Картофель (2,5 л/га).

Учеты, наблюдения, определение качественных показателей проводились согласно общепринятым методикам [8, 9].

**РАЗДЕЛ 2. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА,
ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩЕЙ**

Содержание антиоксидантов определялось в лаборатории РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству» с помощью прибора для определения суммарной антиоксидантной способности РНОТОСНЕМ и оценивалось по разработанной центром шкале (табл. 1) [10].

Оценку сортов по содержанию белка и витамина С проводили по шкале, приведенной в таблице 2 [11]. Содержание крахмала определялось на весах Парова.

Метеорологические условия в годы исследований (2019–2022 гг.) отличались по температурному и водному режимам, что дало возможность объективно оценить адаптационные возможности изучаемых сортов. Как показал анализ температурных данных и количества осадков, общими особенностями вегетационных сезонов в годы исследований являлись крайне неравномерное распределение осадков и чередование периодов высоких температур с умеренными. В целом по годам сумма эффективных температур с мая по сентябрь ежегодно превышала климатическую норму на 101,0–333,8 °С. Особенно жарким выдался 2019 г., когда температура ниже климатической нормы была отмечена только в июле. Что касается осадков, то их сумма за вегетацию практически каждый год близка к климатической норме (табл. 3).

Исключение составил 2021 г., когда за сезон количество осадков превысило среднее многолетнее значение почти в 1,4 раза. Расчет гидротермического коэффициента свидетельствует, что в целом в годы изучения периоды вегетации характеризовались умеренным увлажнением, но периодически наблюдалась острая нехватка влаги. Так, дефицит влаги особенно ощущался в 2019 г. – в июне, 2020 г. – июле и сентябре, 2021 г. – июне, 2022 г. – в августе и сентябре.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Анализ результатов исследований за 2019–2020 гг. показал, что продуктивность сорта Сапфир в 2019 г. составила 47,6 т/га (+8,1 т/га к стандарту), в 2020 г. – 39,4 т/га (+3,1 т/га) (табл. 4).

Таблица 1 – Шкала оценки САОС

Показатель	Балл оценки					
	1,0	3,0	5,0	7,0	8,0	9,0
	Очень низкая	Низкая	Средняя	Выше средней	Высокая	Очень высокая
САОС, мМ эквивалента аскорбиновой кислоты/100 г сырого веса	Менее 200	200–400	400–600	600–800	Более 800	Более 2 000

Таблица 2 – Шкала по определению содержания белка и витамина С в клубнях картофеля

Содержание белка, %	Балл	Содержание витамина С, мг%	Балл
Очень низкое (< 0,7)	1	Очень низкое (< 12,0)	1
Низкое (0,71–0,90)	3	Низкое (12,1–14,0)	3
Среднее (0,91–1,10)	5	Среднее (14,1–16,0)	5
Высокое (1,11–1,50)	7	Выше среднего (16,1–18,0)	6
Очень высокое (> 1,51)	9	Относительно высокое (18,1–20,0)	7
		Высокое (20,1–22,0)	8
		Очень высокое (> 22,0)	9

**РАЗДЕЛ 2. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА,
ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩЕЙ**

Таблица 3 – Метеорологические условия вегетационного периода, 2019–2022 гг.

Месяц	Фактическая температура воздуха, °С			Климатическая норма	Фактическая сумма осадков, мм			Климатическая норма	Гидротермический коэффициент				
	2019 г.	2020 г.	2021 г.		2022 г.	2019 г.	2020 г.		2021 г.	2022 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.
Май	13,8	11,3	12,3	11,7	47,7	79,6	103,9	65,4	70,0	1,1	2,3	2,7	1,8
Июнь	21,5	19,6	20,0	18,8	39,5	105,4	27,0	74,8	78,0	0,6	1,8	0,5	1,3
Июль	17,9	18,7	22,8	18,2	67,7	44,8	119,0	180,0	92,0	1,1	0,8	1,7	1,0
Август	19,0	19,6	17,1	20,9	119,9	80,0	141,0	8,2	67,0	2,0	1,3	2,1	0,13
Сентябрь	13,9	15,5	11,8	10,7	56,1	21,2	113,0	48,6	62,0	1,3	0,5	3,2	0,7
Сумма за вегетацию	2 692,6	2 590,6	2 572,2	2 459,8	330,9	331,0	503,9	377,0	369,0	1,2	1,3	2,0	1,5

Таблица 4 – Продуктивность сортов картофеля с цветной кожурой и мякотью в экологическом испытании

Сорт	Урожайность, т/га				Товарность в среднем, %			
	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	В среднем			
					2019–2020 гг.	2021–2022 гг.		
Вектар (st.)	39,5	36,3	37,9	42,1	37,9	40,0	94,5	96,6
Сапфир	47,6	39,4	–	–	43,5	–	89,0	–
Лекар	–	–	47,9	54,6	–	51,3	–	94,0
НСР ₀₅	–	–	–	–	1,41	2,05	–	–

**РАЗДЕЛ 2. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА,
ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩЕЙ**

За годы экологического испытания данного сорта средняя урожайность находилась на уровне 43,5 т/га и превысила стандарт на 5,6 т/га. При этом товарность составила 89,0 %, что на 5,5 % ниже стандартного сорта Вектар.

Сорт Лекар в экологическом испытании находился в 2021–2022 гг. За данный период его продуктивность колебалась в интервале 47,9–54,6 т/га и ежегодно значительно превышала показатели стандарта (на 10,0 и 12,5 т/га соответственно). Средняя урожайность за два года составила 51,3 т/га, что на 11,3 т/га выше сорта Вектар. Однако по выходу товарных клубней (94,0 %) сорт Лекар уступал стандарту (–2,6 %).

Анализ качественных показателей свидетельствует о высокой САОС изучаемых сортов. Так, у сорта Сапфир в среднем за два года данный показатель составил 1 109,6 мМ/100 г, что почти в 6,5 раза выше, чем у сорта Вектар (табл. 5).

Таблица 5 – Биохимические показатели сортов картофеля с цветной кожурой и мякотью в экологическом испытании (среднее за годы исследований)

Сорт	САОС, мМ/100 г	Витамин С, мг%	Суммарный белок, %	Нитраты, мг/кг	Крахмал, %
2019–2020 гг.					
Вектар (st.)	171,4	20,7	1,10	127,6	17,1
Сапфир	1 109,6	24,1	1,06	158,2	17,6
2021–2022 гг.					
Вектар (st.)	119,2*	21,6	1,15	53,6	15,1
Лекар	1 179, 6*	25,3	1,20	59,2	16,0

* Данные 2021 г.

Преимущество над стандартом данный сорт имел также по накоплению витамина С (очень высокое) и крахмала, незначительно уступая ему в содержании суммарного белка (среднее). Однако отмечалось относительно высокое накопление сортом нитратов 158,2 мг/кг, или + 30,6 мг/кг к стандарту. Но даже при таком значении их содержание ниже предельно допустимой концентрации (ПДК) в 1,6 раза.

Сорт Лекар по однолетним данным характеризовался высокой антиоксидантной способностью – 1 179,6 мМ/100 г, что практически в 10 раз превышало данный показатель у сорта Вектар. По содержанию витамина С (очень высокое), суммарного белка (высокое) и крахмала (16,1 %) изучаемый сорт также превосходил стандарт на 3,7 мг%, 0,05 и 0,9 % соответственно. Накопление нитратов составило в среднем 59,2 мг/кг, что в 4,2 раза ниже ПДК, хотя и на 5,6 мг/кг выше, чем у стандарта.

Кроме того, следует отметить высокую и очень высокую устойчивость сортов Сапфир и Лекар к фитофторозу, железистой пятнистости, дуплистости и ростовым трещинам. Что касается парши обыкновенной, то только сорт Лекар уступал стандарту по устойчивости к ее возбудителям и характеризовался средней устойчивостью к патогену.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, сорта Сапфир и Лекар с урожайностью 43,5–51,3 т/га и суммарной антиоксидантной способностью 1 109,6–1 179,6 мМ/100 г, очень высоким содержанием витамина С и, соответственно, средним и высоким содержанием белка являются конкурентоспособными и перспективными сортами для сторонников здорового питания.

Список литературы

1. Brawn, C. R. Antioxidants in Potato / C. R. Brawn // Amer. J. Potato Res. – 2005. – Vol. 82. – P. 163–169.
2. Взаимосвязь между суммарной антиоксидантной способностью и морфологическими характеристиками клубней картофеля / Л. Н. Козлова [и др.] // Картофелеводство :

сб. науч. тр. / Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству; редкол.: В. Л. Маханько (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2020. – Т. 27. – С. 37–41.

3. Цветной картофель – сорта с фиолетовой, синей и красной мякотью [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ogorod.ru/ru/ogorod/potatoes/11170/Cvetnoj-kartofel-sorta-s-fioletovoj-sinej-i-krasnoj-mjakotju.html>. – Дата доступа: 29.02.2023.

4. Пискун, Г. И. Методологические основы и результаты селекции сортов картофеля с высоким содержанием антиоксидантов и витамина С / Г. И. Пискун // Картофелеводство : сб. науч. тр. / Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству; редкол.: В. Л. Маханько (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2022. – Т. 30. – С. 25–30.

5. На пике популярности – картофель с цветной мякотью [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.sb.by/articles/sapfir-v-mundire.html>. – Дата доступа: 29.02.2023.

6. Цветной картофель. Сорта и трудности выращивания [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.forumhouse.ru/journal/articles/6495-cvetnoj-kartofel-sortai-trudnosti-yrashivaniya>. – Дата доступа: 29.02.2023.

7. Козлова, Л. Н. Суммарная антиоксидантная способность клубней картофеля / Л. Н. Козлова, Г. И. Пискун, А. А. Корзан // Картофелеводство: сб. науч. тр. / Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству; редкол.: С. А. Турко (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2018. – Т. 26. – С. 39–45.

8. Методика экологического сортоиспытания : рекомендации / Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству. – Самохваловичи, 2019. – 10 с.

9. Методические рекомендации по специализированной оценке сортов картофеля / Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству. – Минск, 2003. – 70 с.

10. Создание селекционного материала картофеля с фиолетовой мякотью клубней и высоким содержанием антиоксидантов : отчет о НИР / Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству; рук. Г. И. Пискун. – Самохваловичи, 2018. – 23 с.

11. Вечер, А. С. Физиология и биохимия картофеля / А. С. Вечер, М. Н. Гончарик. – Минск : Наука и техника, 1973. – 264 с.

Поступила в редакцию 27.11.2023 г.

N. A. KHOH, M. O. OSOVIK, I. I. SHKLYAR

PRODUCTIVITY AND QUALITY OF POTATO VARIETIES WITH COLORED PULP IN THE SOIL AND CLIMATIC CONDITIONS OF THE GRODNO REGION

SUMMARY

The results of studies on the comprehensive assessment of domestic potato varieties with colored pulp in the soil and climatic conditions of the Grodno region are presented. Their assessment on productivity and biochemical indicators is given.

The Sapfir and Lekar varieties with a yield of 43.5–51.3 t/ha and a total antioxidant capacity of 1109.6–1179.6 $\mu\text{M}/100\text{g}$, very high vitamin C content and, respectively, medium and high protein content are competitive and promising varieties for supporters of healthy and dietary nutrition.

Key words: potato; variety; colored pulp; yield; marketability; content; total antioxidant capacity.

УДК 635.21:632

Н. А. Хох, кандидат сельскохозяйственных наук,
заведующий отделом картофеля

М. О. Осовик, заведующий отраслевой лабораторией агробиотехнологии

И. И. Шкляр, научный сотрудник

РУП «Гродненский зональный институт растениеводства Национальной академии наук Беларуси», г. Щучин, Гродненская область

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМ ЗАЩИТЫ СРЕДНЕСПЕЛЫХ СОРТОВ КАРТОФЕЛЯ ОТ ФИТОФТОРОЗА

РЕЗЮМЕ

Представлены результаты изучения эффективности различных систем защиты среднеспелых сортов картофеля от фитофтороза в производственных посадках. Установлено, что оптимальной является система защиты с началом мероприятий при появлении признаков фитофтороза на сигнальном участке и определением даты последующих обработок с помощью СППР, обеспечивающая снижение их кратности в 1,6 раза и на 40 % затрат на защиту.

Ключевые слова: картофель; система защиты; обработки; фунгициды; фитофтороз; система помощи принятия решения; урожайность.

ВВЕДЕНИЕ

По данным ФАО, мировые потери урожая картофеля только от болезней в денежном выражении составляют 3,4 млрд долл. США, или 11,6 % от общего валового сбора [1]. Особенно большой вред наносит фитофтороз, вызываемый оомицетом *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary. В годы с сильным поражением ботвы и клубней потери урожая могут достигать 50–80 % [2, 3].

Изменения, происходящие в биологии возбудителя фитофтороза, привели к развитию агрессивных популяций и к ранним вспышкам заболевания, при этом тактика защиты от болезни изменилась в сторону более ранних обработок растений. Такая система защиты оправдана в годы ранних эпифитотий болезни, но в условиях депрессивного развития или позднего ее появления приводит к дополнительным финансовым затратам и повышению стоимости полученной продукции. Следует учитывать и тот факт, что в большинстве хозяйств из-за недостатка денежных средств фунгициды приобретаются лишь для 3–4 опрыскиваний. В этом случае обработки, начинающиеся в фазу смыкания ботвы в рядках, не обеспечивают эффективную защиту, так как фунгицидная активность применяемых препаратов прекращается за полтора-два месяца до уборки урожая. Особенно неоправданными являются защитные мероприятия, проведенные в сезоны с неблагоприятными условиями для развития фитофтороза. Чтобы избежать данной ситуации, во многих западных странах применяют различные системы поддержки принятия решений об обработках (СППР). По данным российских ученых, применение СППР ВНИИФБлайт в центральном районе европейской части России позволило уменьшить кратность опрыскиваний по сравнению с рутинной (начало обработок при смыкании ботвы в рядках) схемой: на восприимчивых к фитофторозу сортах картофеля – на 45 %, на устойчивых –

на 70 %. В районах с более высокой частотой эпифитотийных сезонов значение этих показателей может уменьшаться, при меньшей частоте – увеличиваться [4].

Применение различных методов прогноза для определения сроков и кратности обработок позволяет в годы, неблагоприятные для развития болезни, снизить их число до 1–2, а в годы с интенсивным развитием фитофтороза своевременное начало обработок дает возможность сохранить урожай картофеля при 3–4 обработках. Поэтому разработка экономически обоснованных систем защиты, направленных на создание благоприятной фитопатологической ситуации в посадках картофеля, является актуальной.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Исследования проводились на опытном поле института на среднеспелом сорте Скарб, который характеризуется средней устойчивостью к фитофторозу. Почва на опытном участке дерново-подзолистая супесчаная, подстилаемая с глубины 0,7 м мореным суглинком. Пахотный слой характеризовался следующими агрохимическими показателями: рН в КС1 – 5,3–5,9, содержание подвижного фосфора – 250–299 мг/кг, обменного калия – 175–207 мг/кг почвы, гумуса – 1,44–1,77 %. Калийные удобрения (K_{290}) вносились осенью, фосфорные (P_{40}) и азотные (N_{90}) – весной. При смыкании ботвы в рядках проведена подкормка азотными удобрениями из расчета 30 кг д. в/га. Предшественник – озимые зерновые культуры.

Посадка с одновременной обработкой семенного материала баковой смесью протравителей (максим + койот) независимо от варианта опыта осуществлялась в оптимальные для Гродненской области сроки. Объектом изучения являлись различные системы защиты картофеля от фитофтороза.

В контроле (**система 1**) применялась наиболее распространенная в Гродненской области система защиты от болезней – 4-кратная обработка фунгицидами. Опрыскивания начинались с фазы смыкания ботвы в рядках и проводились с интервалом, равным продолжительности фунгицидного действия применяемых препаратов в следующей последовательности: Инфинито (1,40 л/га), Ридомил Голд МЦ (2,50 кг/га), Ревус (0,60 л/га), Ширлан (0,35 л/га).

В изучаемых системах использовались аналогичные фунгициды, но изменялись сроки и кратность обработок:

система 2 – начало опрыскиваний при появлении первых признаков фитофтороза на сигнальном участке, последующие обработки – с интервалом, равным продолжительности защитных свойств применяемых препаратов;

система 3 – начало защитных мероприятий приурочивалось к появлению первых признаков фитофтороза на сигнальном участке, сроки последующих обработок и их кратность определялись с помощью СППР;

система 4 – сроки и кратность обработок определялись с помощью СППР.

Сигнальный участок площадью 100 м² закладывался на опытном поле института клубнями сорта Уладар. По многолетним наблюдениям, из сортимента широко возделываемых в области сортов Уладар наиболее восприимчив к фитофторозу в наших условиях.

В качестве СППР использовалась ВНИИФБлайт, разработанная ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии», которая находится в открытом доступе на сайте www.kartofel.org.

Необходимые для работы СППР метеорологические данные (минимальная и максимальная температура воздуха, вероятность осадков на ближайшие пять дней) получали с сайта www.meteo.pl и www.pogoda.by.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Метеорологические условия в годы исследований характеризовались повышенной температурой воздуха и недостатком влаги. Анализ данных за май – август по годам показал, что в 2016 г. дефицит влаги и температура выше нормы наблюдались практически весь июнь и август. В 2017 г. засуха отмечена в первых декадах июня и августа. Таким образом, в годы исследований в начале вегетации сложились неблагоприятные условия для развития фитофтороза, и первые его проявления зафиксированы в июле. Сложившаяся фитопатологическая обстановка в агроценозе позволила в системах защиты, основанных на данных сигнального участка и СППР, в среднем за годы изучения сократить кратность обработок в зависимости от применяемой системы на 12–37 % по сравнению с контролем, где защитные мероприятия начаты в фазу смыкания ботвы в рядах.

Анализ кратности обработок по вариантам опыта показал, что их количество в зависимости от используемой системы защиты колебалось в интервале 2,5–4,0, с максимальной их кратностью в контроле (табл.).

Минимальное количество фунгицидных обработок отмечено в варианте, где защитные мероприятия начаты при появлении признаков фитофтороза на сигнальном участке, а последующие определялись с помощью СППР (система 3). Следует отметить, что в 2016 г. при такой защите было три обработки, а в 2017 г., несмотря на более раннее появление фитофтороза, удалось ограничиться двумя фунгицидными обработками в силу неблагоприятных для развития патогена погодных условий (высокие температуры и отсутствие влаги) после второй обработки. При этом степень развития фитофтороза находилась на уровне системы защиты с тремя обработками (система 2). О преимуществе системы 3 свидетельствует и то, что степень развития фитофтороза при ее использовании на 2,2 % меньше, чем в контроле. Данный факт объясняется тем, что к периоду оптимальных для развития возбудителя условий запланированные обработки при системе защиты 1 в 2016 г. были практически завершены, что впоследствии снизило эффективность защитных мероприятий.

Минимальная степень развития патогена (21,9 %) отмечена при применении системы 4, где сроки и кратность обработок против фитофтороза определялись с помощью СППР, но для этого потребовалось увеличить кратность защитных мероприятий (до 3–4 обработок в зависимости от года).

Учет урожая показал, что независимо от применяемой системы защиты продуктивность сорта Скарб в сложившейся фитопатологической ситуации была идентичной и составила 50,0–51,5 т/га. При этом затраты на проведение защитных мероприятий значительно отличались. Максимальная стоимость фунгицидной защиты отмечена в контроле (173,8 долл. США/га), уменьшение кратности обработок в изучаемых

Таблица – Хозяйственная и экономическая эффективность применения различных систем защиты (среднее за 2016–2017 гг.)

Вариант	Кратность обработок	Степень развития фитофтороза, %	Урожайность, т/га	Затраты на защиту, долл. США/га	Себестоимость, долл. США/т	Уровень рентабельности, %
Система 1 (контроль)	4,0	28,8	50,0	173,8	83,6	25,0
Система 2	3,0	26,9	50,9	128,1	79,8	31,0
Система 3	2,5	26,6	51,5	104,4	74,5	40,3
Система 4	3,5	21,9	50,7	150,2	79,9	30,8
НСР ₀₅	–	–	2,56	–	–	–

системах способствовало снижению данной статьи расходов на 23,6–69,4 долл. США/га, или 13,6–40,0 %.

При расчете себестоимости 1 т продовольственного картофеля и рентабельности его производства учитывались все затраты по технологической карте. Как показал анализ себестоимости, данный показатель находился на уровне 74,5–83,6 долл. США/га. Минимальное его значение отмечено при сокращении кратности обработок в среднем за годы исследований до 2,5 раз (система 3). При этой же системе защиты зафиксирована и максимальная рентабельность 40,3 %, что на 15,3 % выше контрольной системы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ хозяйственной и экономической эффективности показал, что оптимальной системой защиты среднеспелых сортов картофеля со средней устойчивостью к фитофторозу является система с началом защитных мероприятий при появлении первых признаков фитофтороза на сигнальном участке и определением даты последующих обработок с помощью СППР (система 3), обеспечивающая снижение в 1,6 раза кратности обработок и на 40,0 % затрат на защиту от фитофтороза. При этом степень развития патогена не превышала 26,6 %, урожайность клубней составляла 51,5 т/га, рентабельность производства находилась на уровне 40,3 %.

Список литературы

1. ТОП грибных и бактериальных болезней картофеля [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://glavagronom.ru/articles/TOP-gribnyh-i-bakterialnyh-boleznej-kartofelya>. – Дата доступа: 30.02.2023.
2. Чашинский, А. В. Создание нового исходного материала картофеля, устойчивого к фитофторозу / А. В. Чашинский // Картофелеводство : сб. науч. тр. / Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству ; редкол.: С. А. Турко (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2018. – Т. 26. – С. 112–118.
3. Краткосрочная жизнеспособность возбудителей фитофтороза и альтернариоза картофеля в лабораторных условиях [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/kratkosrochnaya-zhiznesposobnost-vozbuditeley-fitoftoroza-i-alternarioza-za-kartofelya-v-laboratornyh-usloviyah/viewer>. – Дата доступа: 30.02.2023.
4. Филиппов, А. В. Фитофтороз картофеля / А. В. Филиппов // Защита и карантин растений : ежемес. журн. для специалистов, ученых и практиков. Приложение к 2012, № 5: Фитофтороз картофеля. – С. 62–87.

Поступила в редакцию 27.11.2023 г.

N. A. KHON, M. O. OSOVIK, I. I. SHKLYAR

COMPARATIVE EFFECTIVENESS OF VARIOUS SYSTEMS OF PROTECTION OF MID-RIPENING POTATO VARIETIES FROM LATE BLIGHT

SUMMARY

The results of studying the effectiveness of various systems for protecting mid-ripening potato varieties from late blight in industrial plantings are presented. It has been established that the optimal protection system is a system with the beginning of protective measures when signs of late blight appear on the signal site and the determination of the date of subsequent treatments using DSS, which provides a frequency reduction of treatments by 1.6 times and 40 % of protection costs.

Key words: potato; protection system; treatments; fungicides; late blight; decision support system; yield.

УДК 635.21:631.526.32(477)

А. В. Чашинский, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,
ведущий научный сотрудник

В. А. Козлов, доктор сельскохозяйственных наук, доцент,
заведующий лабораторией генетики картофеля

Н. В. Русецкий, кандидат биологических наук, доцент,
ведущий научный сотрудник

Д. В. Башко, научный сотрудник

РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук
Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству»,
аг. Самохваловичи, Минский район

ИЗУЧЕНИЕ РАСПРОСТРАНЕННОСТИ ФИТОПЛАЗМЕННЫХ БОЛЕЗНЕЙ В ПОСАДКАХ КАРТОФЕЛЯ БРЕСТСКОЙ ОБЛАСТИ

РЕЗЮМЕ

Представлены результаты по изучению фитоплазменных болезней в посадках картофеля Пружанского, Каменецкого, Ивановского, Ивацевичского, Лунинецкого и Столинского районов Брестской области.

В результате проведенных исследований установлено наличие фитоплазмозов на картофеле в Брестской области.

Ключевые слова: картофель; фитоплазменные болезни; ПЦР-анализ.

ВВЕДЕНИЕ

Заболевания растений, называемые желтухами, известны с начала 20 века. В 1967 г. японскими учеными был выявлен возбудитель нескольких таких болезней, который был сходен с возбудителями микоплазм млекопитающих, и по этой причине он тоже был отнесен к микоплазмам. С 1994 г. микоплазмы растений стали называть фитоплазмами [1–4].

Фитоплазмы принадлежат к классу *Mollicutes*, который таксономически наиболее близок к бактериям. Как вирусы они характеризуются малыми размерами (от 100 до 200 нм) и облигатным внутриклеточным паразитизмом. Основные переносчики – насекомые с сосущим ротовым аппаратом: цикадки, псиллиды и листоблошки. Также патоген передается прививками, вегетативными частями растений и растениями-паразитами. Фитоплазмы могут сохраняться в семенном картофеле и в насекомых-переносчиках инфекции.

В настоящее время известно 28 групп фитоплазм, которые являются возбудителями около 300 болезней, поражающих более 700 видов растений 98 семейств [5–7].

Долгое время идентификацию фитоплазм проводили на основе визуальных симптомов, наличия определенных видов насекомых-переносчиков, прививкой на растения-индикаторы. В конце 80-х начале 90-х годов прошлого столетия применение серологических, гибридологических и молекулярных методов, таких как ПДРФ и ПЦР, открыло новые возможности в оценке разнообразия и генетической взаимосвязи фитоплазм [2, 3]. Их таксономия была разработана на основе консервативного гена 16S рибосомной РНК и получила дальнейшее развитие с привлечением других консервативных

и менее консервативных генов [7]. Система филогенетического анализа, основанная на сравнении последовательностей 16Sг ДНК, позволяет определять родство фитоплазм между собой. Использование такого анализа позволяет упростить и унифицировать диагностику патогена.

В настоящее время фитоплазменные болезни распространены во всех ведущих картофелеводческих странах. В Европе эпифитотии столбура картофеля были зарегистрированы в Чехии, Венгрии, Румынии, в результате чего потери урожая составили от 30 до 80 %, ухудшалось качество клубней и семенного материала, снижалось количество крахмала. Зараженные фитоплазменными болезнями посадки картофеля были отмечены в Германии, Швейцарии, Турции, Болгарии, Румынии, Сербии, Бельгии, Греции и Польше [8–11]. С учетом того, что в Европейском союзе фитоплазменные болезни картофеля являются карантинными объектами, а в Российской Федерации выявлены 5 групп фитоплазм, поражающих картофель и способные снижать урожайность картофеля от 20 до 90 %, для Республики Беларусь данные исследования приобретают важную практическую значимость.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

В 2021 г. РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству» проводил обследование посадок картофеля на заражение фитоплазмами в шести районах Брестской области, при этом в каждом районе – не менее пяти картофельных полей.

В период бутонизации – цветения обследованы посадки картофеля семеноводческих, товарных хозяйств, а также личных подсобных хозяйств. Проведена диагностика и отбор листовых проб у растений картофеля, визуальнo пораженных фитоплазмами. В течение 1–2 суток с момента взятия проб осуществлено выделение ДНК при использовании набора реагентов «АртСпин» (ООО «АртБиoТех») согласно протоколу производителя [12]. ПЦР-анализ проводили в лаборатории генетики картофеля РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству». В состав Quick-loadTaq 2X Master Mix входили все необходимые компоненты ПЦР: ДНК-полимераза, dNTPs, Mg²⁺ и реакционный буфер, а также красители для непосредственного нанесения реакционной смеси на гель при проведении электрофоретического анализа [13].

Визуализацию продуктов амплификации проводили разделением в 2 % агарозном геле, окрашенном бромистым этидием, с последующей регистрацией результатов с помощью оборудования системы гель-документирования DOC-PRINT-VX2 (Германия).

В работе использовали праймеры, синтезированные ОДО «Праймтех» (Беларусь). В таблице 1 приведены характеристики олигонуклеотидов, отобранных для молекулярного скрининга фитоплазм.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В результате проведения маршрутного обследования посадок картофеля в Брестской области осуществлен поиск фитоплазменных болезней на картофеле: столбура, «желтухи астры», «ведьминых метл».

В Пружанском районе объектами изучения были поля ОАО «Ружаны-Агро», ОАО «Отечество», ОАО «Шени-агропродукт» и частного сектора. В ОАО «Ружаны-Агро» посадки картофеля составили 130 га, сорта Бриз и Скарб. Площадь под картофелем в ОАО «Отечество» – 200 га. Листовые пробы с признаками фитоплазменных

**РАЗДЕЛ 2. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА,
ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩЕЙ**

Таблица 1 – Олигонуклеотиды для идентификации фитоплазм на картофеле

Название ДНК-маркера	Размер целевого ампликона, пн	Последовательность 5' → 3'	Условия ПЦР
R16mF2	1 600	CATGCAAGTCGAACGGA	2 мин – 94 °С; далее 40 циклов: 30 с – 94 °С, 30 с – 60 °С, 1 мин – 72 °С и фин. элонг. 10 мин – 72 °С
R16mR2		CTTAACCCCAATCATCGA	
fU5	1 000	CGGCAATGGAGGAAACT	10 мин – 95 °С; далее 35 циклов: 30 с – 95 °С, 75 с – 55 °С, 75 с – 72 °С и фин. элонг. 10 мин – 72 °С
rU3		TTCAGCTACTCTTTGTAACA	
R16F2n	1 250	GAAACGACTGCTAAGACTGG	2 мин – 94 °С; далее 40 циклов: 30 с – 94 °С, 30 с – 50 °С, 1 мин – 72 °С и фин. элонг. 10 мин – 72 °С
R16R2n		TGACGGGCGGTGTGTACAAACCCCG	

болезней отобраны на сорте Гала. В ОАО «Шени-агропродукт» обследованы посадки картофеля сорта Королева Анна на площади 4 га.

В Каменецком районе диагностировали посадки картофеля ОАО «Видомлянское», ОАО «Александрия-Агро», КФХ «Ляшук» (70 га) и частного сектора. В ОАО «Видомлянское» листовые пробы отобраны на сорте Скарб, в ОАО «Александрия-Агро» – на сорте Зорачка и в КФХ «Ляшук» растения картофеля с признаками фитоплазменных болезней отобраны на сорте Королева Анна.

В Ивановском районе изучены поля ОАО «Ополь-Агро», ОАО «Агро-Мотоль», ОАО «Псыщево Агро» и частного сектора. В ОАО «Ополь-Агро» посадки картофеля составили 100 га, сорта Бриз и Королева Анна. Листовые пробы в ОАО «Псыщево Агро» отобраны на сорте Скарб. Растения картофеля с признаками фитоплазменных болезней в ОАО «Агро-Мотоль» отобраны в основном в посадках частного сектора.

В Ивацевичском районе проведено обследование посадок картофеля ОАО «Победа», ОАО «Обровский», ОАО «Святая воля», частного сектора. В ОАО «Победа» посадки картофеля составили 70 га (сорта Гала и Бриз), в ОАО «Обровский» – 60 га (сорта Гала и Волат) и ОАО «Святая воля» площадь под картофелем составила 126 га (сорт Гала). В Ивацевичском районе листовые пробы с признаками фитоплазменных болезней отобраны в основном в посадках картофеля частного сектора.

В Лунинецком районе изучались поля ГУ «Полесская опытная станция», ОАО «Вульковский рассвет», КСУП «Городокский», частный сектор. Посадки картофеля в ГУ «Полесская опытная станция» составили 100 га (сорта Скарб и Вектар). В ОАО «Вульковский рассвет» картофель высажен на площади 128 га, в КСУП «Городокский» – 62 га. В данном районе растения картофеля с признаками фитоплазменных болезней также отобраны в основном в частном секторе.

В Столинском районе обследовались поля КСУП «Бережное», ОАО «Новая Припять», ОАО «Полесская Нива» и частного сектора. В КСУП «Бережное» картофель сорта Скарб выращивался на площади 10 га, в ОАО «Новая Припять» – 55 га (сорта Скарб и Бриз) и в ОАО «Полесская Нива» площадь под картофелем составила 166 га (сорта Першацвет, Скарб и Вектар). Признаки фитоплазменных болезней отмечены в основном в посадках частного сектора.

В Брестской области проявление фитоплазменной болезни в посадках картофеля наблюдалось в виде «желтухи астры» и «ведьминых метл» (рис. 1–3).

РАЗДЕЛ 2. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА,
ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩЕЙ



Рисунок 1 – Растения картофеля с симптомами фитоплазмы «желтуха астры», отобранные в посадках картофеля частного сектора Ивановского района Брестской области



Рисунок 2 – Растения картофеля с симптомами фитоплазмы «желтуха астры», отобранные в посадках картофеля КСУП «Городокский» Лунинецкого района Брестской области



Рисунок 3 – Растения картофеля с симптомами фитоплазмы «ведьмины метлы», отобранные в посадках картофеля частного сектора Столинского района Брестской области

На основании проведенного ПЦР-анализа установлено, что маркеры fU5/fU3 и R16m присутствовали у 127 (50,2 %) из 253 изученных проб, маркер P1/Tint – у 242 образцов (95,6 %), маркер R16 2n – у 244 (96,4 %). Отсутствием всех маркеров характеризовались три пробы. Результаты молекулярного маркирования на наличие фитоплазменных болезней с помощью ПЦР-анализа представлены в таблице 2.

В Пружанском район отобраны 44 листовые пробы с признаками фитоплазменных болезней. В результате проведенных исследований с помощью ПЦР-анализа установлено, что маркеры P1/Tint и R16 2n

присутствовали во всех 44 пробах (рис. 4). Частота встречаемости маркеров fU5/fU3 и R16m составила 27,3–50,0 % соответственно.

В Ивановском районе проанализировано 45 листовых проб. Частота встречаемости маркеров P1/Tint и R16 2n составила 91,1 и 93,3 %, маркера R16m – 75,6, маркера fU5/fU3 – 17,8 %.

В Лунинецком районе выделены 46 проб с признаками инфекции фитоплазмы. В результате ПЦР-анализа установлено, что чаще всего встречался маркер R16 2n (97,8 %), реже – маркер P1/Tint (95,6 %). Маркеры fU5/fU3 и R16m присутствовали соответственно у 65,2–67,4 % проб.

С признаками поражения фитоплазменными болезнями в Столинском районе отобрана 41 проба. Частота встречаемости изучаемых маркеров составила от 53,7 % для R16m; 61,0 – для fU5/fU3 и 87,8 % – для R16 2n. Наибольшей частотой встречаемости (95,1 %) характеризовался маркер P1/Tint.

В Каменецком районе проанализирована 31 листовая проба. Маркер R16m выявлен у 41,9 % анализируемых образцов, маркер fU5/fU3 – у 64,5, маркер P1/Tint – у 93,5 и маркер R16 2n – у 100 % проб.

**РАЗДЕЛ 2. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА,
ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩЕЙ**

Таблица 2 – Результаты скрининга листовых проб картофеля, огороженных в картофелепроизводящих хозяйствах Брестской области, на наличие фитоплазменных болезней с помощью ПЦР-анализа

Хозяйство	Количество изученных проб, шт.	Количество проб с наличием маркеров, шт.						Частота встречаемости маркеров, %					
		P1/Tint	U5/U3	R16 2п	R16m	P1/Tint	U5/U3	R16 2п	R16m	P1/Tint	U5/U3	R16 2п	R16m
Пружанский район													
ОАО «Отечество»	10	10	3	10	2	100,0	30,0	100,0	100,0	100,0	30,0	100,0	20,0
ОАО «Ружаны-Агро»	8	8	1	8	3	100,0	12,5	100,0	100,0	100,0	12,5	100,0	37,5
ОАО «Шени-агропродукт»	9	9	4	9	4	100,0	44,4	100,0	100,0	100,0	44,4	100,0	44,4
Частный 2	10	10	2	10	9	100,0	20,0	100,0	100,0	100,0	20,0	100,0	90,0
Частный 1	7	7	2	7	4	100,0	28,6	100,0	100,0	100,0	28,6	100,0	57,1
Всего	44	44	12	44	22	100,0	27,3	100,0	100,0	100,0	27,3	100,0	50,0
Ивановский район													
ОАО «Агро-Мотоль»	10	10	3	10	9	100,0	30,0	100,0	100,0	100,0	30,0	100,0	90,0
ОАО «Ополь-Агро»	10	9	0	10	8	90,0	0	100,0	100,0	100,0	0	100,0	80,0
ОАО «Псыцево Агро»	6	6	1	6	3	100,0	16,7	100,0	100,0	100,0	16,7	100,0	50,0
Частный 1	10	9	2	7	7	90,0	20,0	90,0	70,0	90,0	20,0	70,0	70,0
Частный 2	9	7	2	9	7	77,8	22,2	100,0	100,0	77,8	22,2	100,0	77,8
Всего	45	41	8	42	34	91,1	17,8	93,3	93,3	91,1	17,8	93,3	75,6
Лунинский район													
ОАО «Вульковский рассвет»	9	9	1	9	8	100,0	11,1	100,0	100,0	100,0	11,1	100,0	88,9
КСУП «Городокский»	9	9	8	9	1	100,0	88,9	100,0	100,0	100,0	88,9	100,0	11,1
ГУ «Полевская опытная станция»	10	8	7	9	9	80,0	70,0	90,0	90,0	80,0	70,0	90,0	90,0
Частный 1	9	9	7	9	9	90,0	77,8	100,0	100,0	90,0	77,8	100,0	100
Частный 2	9	9	7	9	4	90,0	77,8	100,0	100,0	90,0	77,8	100,0	44,4
Всего	46	44	30	45	31	95,6	65,2	97,8	97,8	95,6	65,2	97,8	67,4
Столинский район													
ОАО «Полевская Нива»	9	8	9	9	6	88,9	100	100,0	100,0	88,9	100	100,0	66,7
КСУП «Бережное»	9	9	7	9	3	100,0	77,8	100,0	100,0	100,0	77,8	100,0	33,3
ОАО «Новая Припять»	9	8	5	7	5	88,9	55,6	77,8	77,8	88,9	55,6	77,8	55,6
Частный 1	9	9	3	7	5	100,0	33,3	77,8	77,8	100,0	33,3	77,8	55,6
Частный 2	5	5	1	4	3	100,0	20,0	80,0	80,0	100,0	20,0	80,0	60,0
Всего	41	39	25	36	22	95,1	61,0	87,8	87,8	95,1	61,0	87,8	53,7

**РАЗДЕЛ 2. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА,
ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩЕЙ**

Окончание таблицы 2

Хозяйство	Количество изученных проб, шт.	Количество проб с наличием маркеров, шт.				Частота встречаемости маркеров, %			
		P1/Tint	U5/U3	R16 2n	R16m	P1/Tint	U5/U3	R16 2n	R16m
Каменецкий район									
ОАО «Александрия-Агро»	7	7	6	7	6	100,0	85,7	100,0	85,7
ОАО «Видоляжское»	10	10	6	10	3	100,0	60,0	100,0	30,0
КФХ «Ляшук»	10	9	7	10	1	90,0	70,0	100,0	10,0
Частный 1	4	3	1	4	3	75,0	25,0	100,0	75,0
Всего	31	29	20	31	13	93,5	64,5	100,0	41,9
Ивацевичский район									
ОАО «Обровский»	8	8	5	8	0	100,0	62,5	100,0	0
ОАО «Победа»	8	8	8	8	2	100,0	100,0	100,0	25,0
ОАО «Святая воля»	8	8	4	8	1	100,0	50,0	100,0	12,5
Частный 2	8	7	5	8	1	87,5	62,5	100,0	12,5
Частный 1	8	8	4	8	1	100,0	50,0	100,0	12,5
Частный 3	6	6	6	6	0	100,0	100,0	100,0	0
Всего	46	45	32	46	5	97,8	69,6	100,0	10,9

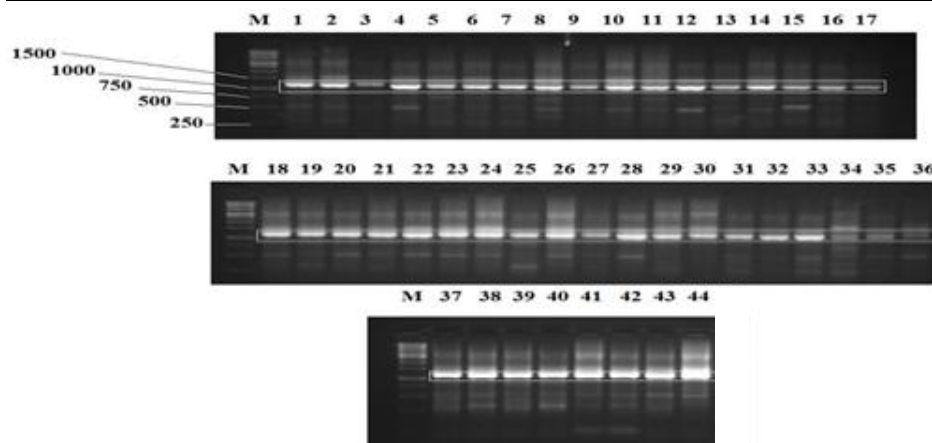


Рисунок 4 – Результаты амплификации маркеров R16 2n и P1/Tint на наличие фитоплазм в посадках картофеля Пружанского района Брестской области

В Ивацевичском районе отобрано 46 листовых проб с признаками фитоплазменных болезней. В результате проведения анализа установлено, что маркер R16m присутствовал в 5 пробах (частота встречаемости 10,9 %), fU5/fU3 – в 32 (69,6 %), P1/Tint – в 45 (97,8 %), маркер R16 2n – у всех отобранных проб (частота встречаемости 100 %).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для изучения фитоплазменных болезней в Брестской области проведено маршрутное обследование посадок картофеля в Пружанском, Каменецком, Ивановском, Ивацевичском, Лунинецком и Столинском районах. По результатам визуальной диагностики отобрано 253 пробы у растений картофеля, пораженных фитоплазмами. При проведении ПЦР-анализа доказано наличие фитоплазм у 250 отобранных проб.

На основании молекулярного метода диагностики установлено, что маркеры fU5/fU3 и R16m присутствовали у 127 (50,2 %) из 253 изученных проб, маркер P1/Tint – у 242 образцов (95,6 %), маркер R16 2n – у 244 (96,4 %).

Частота встречаемости маркера P1/Tint составила от 91,1 % в Ивановском районе до 100 % в Пружанском, а маркера R16 2n – от 87,8 % в Столинском до 100 % в Пружанском и Ивацевичском районах.

Для маркера fU5/fU3 была характерна частота встречаемости от 17,8 % в Ивановском районе до 69,6 % в Ивацевичском.

Наименьшая частота встречаемости у маркера R16m отмечена в Ивацевичском районе – 10,9 %. В других исследованных районах она составила: 41,9 % в Каменецком районе, 50,0 – в Пружанском, 53,7 – в Столинском, 67,4 – в Лунинецком и 75,6 % в Ивановском районе.

Список литературы

1. Богоутдинов, Д. З. Фитоплазмы картофеля и методы их изучения: научно-методическое пособие / Д. З. Богоутдинов // Самара : Самарская ГСХА, 2000. – 35 с.
2. Фитоплазменные болезни картофеля и их переносчики в центральном регионе России / Н. В. Гирсова [и др.] // Защита растений. – 2014. – № 2. – С. 31–33.
3. Гирсова, Н. В. К вопросу о сохранении и передаче фитоплазменной инфекции клубнями картофеля / Н. В. Гирсова // Изв. ТСХА. – 2017. – Вып. 2. – С. 60–75.

4. Фитоплазмозы картофеля [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.agroxxi.ru/journal/200107/200107.pdf>. – Дата доступа: 17.02.2017.
5. Методика определения фитоплазм с использованием молекулярных методов диагностики: ПЦР и ПДРФ / Н. В. Гирсова [и др.] ; под общ. ред. К. А. Можасовой. – М. : Россельхозакадемия, 2013. – 24 с.
6. Deng, S. Amplification of 16S rRNA genes from culturable and non-culturable mollicutes / S. Deng, C. Hiruki // Journal of Microbiological Methods. – 1991. – № 14. – P. 53–61.
7. Lee, I. M. Universal amplification and analysis of pathogen 16SrDNA for classification and identification of mycoplasma-like organisms [Electronic resource] / I. M. Lee. – Mode of access: https://www.apsnet.org/publications/phytopathology/backissues/Documents/1993Articles/Phyto83n08_834.pdf/. – Date of access: 17.02.2017.
8. Molecular detection and identification of group 16SrI and 16SrXII phytoplasmas associated with diseased potatoes in Russia / N. Girsova [et al.] // Plant Disease. – 2008. – № 92 (4). – P. 654–659.
9. Diverse phytoplasmas associated with potato stolbur and other related potato diseases in Russia / N. V. Girsova [et al.] // European Journal of Plant Pathology. – 2016. – Vol. 145, № 1. – P. 139–153.
10. Green, M. J. Easy and efficient DNA extraction from woody plants for the detection of phytoplasmas by polymerase chain reaction / M. J. Green, D. A. Thompson, D. J. MacKenzie // Plant Disease. – 1999. – Vol. 83. – P. 482–485.
11. Classification of phytoplasma strains in the yellows group (16SrV) and proposal of «Candidatus Phytoplasma Ulmi» for the phytoplasma associated with elm yellows / I. M. Lee [et al.] // International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology. – 2004. – Vol. 54 (Pt 2). – P. 337–347.
12. Инструкция на наборы по выделению ДНК «НУКЛЕОСОРБ» Тип С [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://primetech.by/index.php?route=module/downloads>. – Дата доступа: 09.03.2021.

Поступила в редакцию 07.12.2023 г.

A. V. CHASHINSKIY, V. A. KOZLOV, N. V. RUSETSKIY,
D. V. BASHKO

STUDY OF PREVALENCE OF PHYTOPLASMA DISEASES IN POTATO PLANTINGS IN THE BREST REGION

SUMMARY

The results of a study of phytoplasma diseases in potato plantings in the Pruzhansk, Kamenets, Ivanovo, Ivatsevichi, Luninets and Stolin districts of the Brest region are presented.

As a result of the research, the presence of phytoplasmas on potatoes in the Brest region was established.

Key words: potato; phytoplasma diseases; PCR-analysis.

РАЗДЕЛ 3

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ

УДК 635.713:631.82:631.445.24

В. Н. Босак, доктор сельскохозяйственных наук, профессор,
профессор кафедры безопасности жизнедеятельности

Т. В. Сачивко, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,
докторант

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Могилевская область

ПРИМЕНЕНИЕ САПОНИТСОДЕРЖАЩИХ БАЗАЛЬТОВЫХ ТУФОВ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ БАЗИЛИКА ОБЫКНОВЕННОГО (*OCIMUM BASILICUM L.*) НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВАХ

РЕЗЮМЕ

Представлены результаты исследования по изучению влияния сапонитсодержащих базальтовых туфов на урожайность и качество базилика обыкновенного на дерново-подзолистых суглинистой и супесчаной почвах.

В результате полевых исследований установлено, что применение полного минерального удобрения NPK увеличивало урожайность зеленой массы базилика обыкновенного на 24–31 %, сапонитсодержащих базальтовых туфов – на 7–10 %, сульфата магния – на 5 %. Лучшие показатели агрономической эффективности обеспечило предпосевное внесение сапонитсодержащих базальтовых туфов в дозе Mg_{20} на фоне применения NPK (урожайность зеленой массы – 2,32–2,45 кг/м², содержание сырого протеина – 14,9–15,2 %). Сапонитсодержащие базальтовые туфы рекомендуется применять в качестве природных магнийсодержащих агроулучшителей в агробиоценозах.

Ключевые слова: базилик обыкновенный; магниевый; сапонитсодержащие базальтовые туфы; зеленая масса; урожайность; качество.

ВВЕДЕНИЕ

В юго-западной части Республики Беларусь разведаны промышленные запасы базальтов вендской трапповой формации, которые относятся к ценному силикатному сырью. В процессе добычи и переработки базальтов будут извлекаться и накапливаться сопутствующие им в геологическом разрезе вендские сапонитсодержащие базальтовые туфы и туффиты [1–3].

Основу сапонитсодержащих базальтовых туфов составляет сапонит $(Ca_{0,5}Na)_{0,3}[(Mg,Fe)_3(Si,Al)_4O_{10}](OH)_2 \cdot 4H_2O$, глинистый минерал, слоистый силикат из группы монтмориллонита (сметитов) [4–6].

В составе сапонитсодержащих базальтовых туфов присутствуют также такие минералы, как полевые шпаты (плагноклаз: альбит $Na[AlSi_3O_8]$ – анортит $Ca[Al_2Si_2O_8]$; ортоклаз $K[AlSi_3O_8]$), гидрослюда $K_x(Al, Mg, Fe)_{2,3}(Si_{4-x}Al_xO_{10}) \cdot (OH)_2 \cdot nH_2O$, каолинит $Al_4[Si_4O_{10}](OH)_8$, гематит $\alpha-Fe_2O_3$, анальцит $Na[AlSi_2O_6] \cdot H_2O$ и другие цеолиты, кварц SiO_2 и др.

В составе сапонитсодержащих базальтовых туфов диагностирован целый ряд макро- и микроэлементов: среднее содержание MgO составило 6,53–9,87 %, K₂O – 0,79–3,46, N_{общ.} – 0,14–0,18, P₂O₅ – 0,22–0,24, Na₂O – 2,31–3,29, CaO – 0,04–1,94, FeO – 17,06–24,20, Al₂O₃ – 11,50–14,49, SiO₂ – 41,82–57,12 %, подвижных соединений Mn – 162,39 мг/кг, Co – 4,45, Zn – 35,37, Cu – 51,69 мг/кг.

Учитывая химический состав сапонитсодержащих базальтовых туфов, перспективным их направлением в агробиоценозах является использование в качестве природного магнийсодержащего агромелиоранта, в том числе в органическом земледелии [7–27].

Цель исследования – изучить агрономическую эффективность новых видов природных агромелиорантов при возделывании районированных сортов базилика обыкновенного в условиях дерново-подзолистых почв.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Исследования по изучению агрономической эффективности применения сапонитсодержащих базальтовых туфов проводили в полевых опытах УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия» на дерново-подзолистых супесчаной и суглинистой почвах в 2016–2021 гг.

Агрохимическая характеристика пахотного горизонта исследуемых почв имела следующие показатели:

дерново-подзолистая супесчаная почва: рН_{KCl} 5,5–5,7, содержание P₂O₅ (0,2 М HCl) – 135–145 мг/кг, K₂O (0,2 М HCl) – 120–130 мг/кг, гумуса (0,4 n K₂Cr₂O₇) – 2,2–2,4 %, CaO (1 М KCl) – 1 084–1 125 мг/кг, MgO (1 М KCl) – 110–120 мг/кг почвы;

дерново-подзолистая суглинистая почва: рН_{KCl} 5,7–5,8, P₂O₅ (0,2 М HCl) – 131–142 мг/кг, K₂O (0,2 М HCl) – 235–270 мг/кг, гумус (0,4 n K₂Cr₂O₇) – 2,3–2,5 %, CaO (1 М KCl) – 1 135–1 195 мг/кг, MgO (1 М KCl) – 130–140 мг/кг почвы.

В исследованиях изучали новые районированные сорта базилика обыкновенного (*Ocimum basilicum* L.) Магия и Володар селекции УО БГСХА [28, 29].

Схемы опытов включали варианты без применения удобрений, варианты с внесением под предпосевную культивацию N₄₅₋₅₀ P₄₀₋₆₀ K₇₀₋₉₀, а также варианты с применением сапонитсодержащих базальтовых туфов. Все виды минеральных удобрений и агро-мелиорантов вносили весной под предпосевную культивацию.

Дозу сапонитсодержащих базальтовых туфов рассчитывали по магнию – 20, 40, 60 кг д. в. MgO (Mg₂₀, Mg₄₀, Mg₆₀) или 243–729 кг/га по препарату. В качестве эталона использовали 4 % раствор сульфата магния (Mg_s), которым обрабатывали вегетирующие растения в стадию ветвления.

Полевые исследования, проведение лабораторных анализов и статистическую обработку результатов проводили согласно существующим методикам [29–32].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Как показали результаты исследований, применение минеральных удобрений и сапонитсодержащих базальтовых туфов оказало существенное влияние на урожайность зеленой массы базилика обыкновенного (табл. 1).

В исследованиях на дерново-подзолистой супесчаной почве применение N₄₅ P₆₀ K₉₀ в среднем за три года исследований увеличило урожайность зеленой массы базилика обыкновенного сорта Магия на 0,54 кг/м², сульфата магния – на 0,13, различных доз сапонитсодержащих базальтовых туфов – на 0,16–0,22 кг/м² при общей урожайности зеленой массы в удобренных вариантах 2,29–2,51 кг/м².

РАЗДЕЛ 3. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ

Таблица 1 – Влияние минеральных удобрений и агромелиорантов на урожайность и качество зеленой массы базилика обыкновенного на дерново-подзолистых почвах, среднее за 2016–2021 гг.

Вариант	Зеленая масса, кг/м ²	Прибавка, кг/м ²		Сырой протеин, %
		контроль	фон	
Дерново-подзолистая супесчаная почва				
Контроль без удобрений	1,75	–	–	14,1
N ₄₅ P ₆₀ K ₉₀ – фон	2,29	0,54	–	14,8
N ₄₅ P ₆₀ K ₉₀ + Mg ₈	2,42	0,67	0,13	14,9
N ₄₅ P ₆₀ K ₉₀ + Mg ₂₀ (сапонит)	2,45	0,70	0,16	14,9
N ₄₅ P ₆₀ K ₉₀ + Mg ₄₀ (сапонит)	2,51	0,76	0,22	15,0
N ₄₅ P ₆₀ K ₉₀ + Mg ₆₀ (сапонит)	2,46	0,71	0,17	14,9
НСР ₀₅	0,12			0,6
Дерново-подзолистая суглинистая почва				
Без удобрений	1,48	–	–	14,3
N ₆₀ P ₄₀ K ₇₀ – фон	2,16	0,68	–	15,1
N ₆₀ P ₄₀ K ₇₀ + Mg ₈	2,27	0,79	0,11	15,2
N ₆₀ P ₄₀ K ₇₀ + Mg ₂₀ (сапонит)	2,32	0,84	0,16	15,2
N ₆₀ P ₄₀ K ₇₀ + Mg ₄₀ (сапонит)	2,39	0,91	0,23	15,4
N ₆₀ P ₄₀ K ₇₀ + Mg ₆₀ (сапонит)	2,41	0,93	0,25	15,4
НСР ₀₅	0,10	–		0,7

Применение различных доз сапонитсодержащих базальтовых туфов и некорневая обработка посевов сульфатом магния способствовали существенному увеличению урожайности зеленой массы базилика обыкновенного в сравнении с фоновым вариантом. Наибольшая урожайность 2,51 кг/м² в среднем за три года исследований получена в варианте с полным минеральным удобрением и применением сапонитсодержащих базальтовых туфов в дозе 40 кг/га по магнию, однако существенной разницы в урожайности во всех вариантах с применением магнийсодержащих удобрений в исследованиях не отмечено.

В исследованиях с базиликом обыкновенным сорта Володар на дерново-подзолистой суглинистой почве применение полного минерального удобрения в среднем за три года исследований увеличило урожайность зеленой массы на 0,68 кг/м², различных доз сапонитсодержащих базальтовых туфов – на 0,16–0,25, сульфата магния – на 0,11 кг/м² при урожайности зеленой массы в удобренных вариантах 2,16–2,41 кг/м². Наибольшая урожайность сорта Володар получена в варианте с комплексным применением N₆₀P₄₀K₇₀ + Mg₆₀ (сапонитсодержащие базальтовые туфы) – 2,41 кг/м², где прибавка урожая по отношению к фоновому варианту составила 0,25 кг/м², к контрольному варианту – 0,93 кг/м². Однако при этом существенного отличия в урожайности зеленой массы, как и в исследованиях с базиликом обыкновенным сорта Магия, в зависимости от доз магнийсодержащих удобрений (сульфат магния или сапонитсодержащие базальтовые туфы) не отмечено, что делает применение сапонитсодержащих базальтовых туфов в дозе Mg₂₀ на фоне НРК наиболее агрономически целесообразным.

Содержание сырого протеина в зеленой массе базилика обыкновенного увеличилось на 0,7–0,8 % в вариантах с применением полного минерального удобрения, однако практически не зависело от применения различных доз сапонитсодержащих базальтовых туфов и некорневой обработки посевов сульфатом магния.

Следует отметить, что положительное действие сапонитсодержащих базальтовых туфов на урожайность зеленой массы базилика обыкновенного было обусловлено не

РАЗДЕЛ 3. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ

только наличием в них магния, но и других макро- и микроэлементов (калия, фосфора, азота, кальция, марганца, меди, цинка, кобальта). Избыточное количество железа и алюминия, наоборот, может оказывать негативное действие на рост и развитие культурных растений. При этом доступность различных питательных веществ, которые входят в состав минералов, в большой степени ограничена процессами выветривания [33–36].

Для изучения процессов выветривания сапонитсодержащих базальтовых туфов нами был проведен модельный эксперимент. Изучаемый материал (10 г измельченных сапонитсодержащих базальтовых туфов согласно ТУ [37]) помещали в раствор серной кислоты объемом 100 мл с различными показателями рН (рН 4, рН 5) на 10 дней при периодическом помешивании раствора. В качестве контроля аналогичное количество изучаемого материала сапонитсодержащих базальтовых туфов помещали в раствор H_2O . По окончании эксперимента в растворе измеряли концентрацию К, Са (пламенный фотометр Еlex 6361), Mg, Fe, Al, Si (атомный адсорбционный спектрометр АAS 3100). Модельный эксперимент проводили в 5-кратной повторности.

Исследования по выветриванию сапонитсодержащих базальтовых туфов показали, что в почвенный раствор активно переходили катионы калия, магния и кальция, а катионы алюминия и железа практически не вымывались. При этом более высокие показатели выветривания калия, магния и кальция получены в растворах серной кислоты с рН 4 (соответственно 60,5; 54,4 и 188,3 мг/кг), наименьшие – при использовании H_2O (34,4 – К, 29,5 – Mg и 72,8 мг/кг – Са) (табл. 2).

Как показали результаты аналогичных исследований с гранитом по выветриванию почвообразующих минералов, при рН > 4 вымывание катионов алюминия и кремния, которые находятся в плотной решетке Al-O-Si-O, а также железа практически не происходило. В данных условиях с протонами H^+ в первую очередь реагировали менее связанные щелочные и щелочноземельные катионы К, Са, Na, Mg [34, 35].

В процессе выветривания сапонитсодержащих базальтовых туфов происходило некоторое подщелачивание раствора, что позволяет рекомендовать внесение сапонитсодержащих туфов в первую очередь на почвах с повышенной кислотностью, на почвах, где известкование проводится дефекатом или карбонатным сапропелем, а также на почвах легкого гранулометрического состава с низким и средним содержанием магния.

В Республике Беларусь средневзвешенная величина pH_{KCl} пахотных почв составляет 5,84, улучшенных луговых угодий – 5,87, что позволяет применять сапонитсодержащие базальтовые туфы в качестве магнийсодержащих мелиорантов практически повсеместно.

Наиболее отзывчивы на внесение сапонитсодержащих базальтовых туфов бобовые и зернобобовые культуры, а также культуры-кальцефилы, которые требуют для своего роста и развития нейтральные или близкие к нейтральным почвы [13, 18, 20, 22, 38].

Таблица 2 – Процессы выветривания сапонитсодержащих базальтовых туфов, мг/кг

Раствор (начало)	К	Mg	Са	Al	Fe	Si	Раствор (окончание)
рН 4	60,5	54,4	188,3	1,7	2,0	39,2	рН 7,23
рН 5	35,1	42,5	85,0	1,2	1,5	39,4	рН 7,28
H_2O	34,4	29,5	72,8	0,9	0,9	38,4	рН 7,30

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В исследованиях на дерново-подзолистых супесчаной и суглинистой почвах применение сапонитсодержащих базальтовых туфов увеличило урожайность базилика обыкновенного на 0,16–0,25 кг/м² при лучших показателях агрономической эффективности в варианте с внесением сапонитсодержащих базальтовых туфов в дозе Mg₂₀ на фоне NPK (урожайность зеленой массы – 2,32–2,45 кг/м², содержание сырого протеина – 14,9–15,2 %).

Сапонитсодержащие базальтовые туфы рекомендуется применять в качестве природного магнийсодержащего агроメリоранта в агробиоценозах на дерново-подзолистых почвах.

Список литературы

1. Сапонитсодержащие базальтовые туфы – перспективное силикатное и агрохимическое сырье / Г. Д. Стрельцова [и др.] // Проблемы рационального использования природных ресурсов и устойчивое развитие Полесья : сб. докл. Междунар. науч. конф., Минск, 14–17 сент. 2016 г. / НАН Беларуси [и др.] ; ред.: В. Г. Гусаков [и др.]. – Минск : Беларус. навука, 2016. – С. 565–569.
2. Сапонитсодержащие базальтовые туфы Беларуси как ценный мелиорант / В. Н. Босак [и др.] // Наше сельское хозяйство. – 2018. – № 1. – С. 63–64.
3. Туфы основного состава вендской трапповой формации Беларуси – новое многофункциональное силикатное сырье / Г. Д. Стрельцова [и др.] // Актуальные проблемы геологии, геохимии и геофизики : материалы Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 2–4 февр. 2016 г. / ред.: В. Н. Астапенко [и др.]. – Минск : НПЦ по геологии, 2016. – С. 77–79.
4. Геохимический состав сапонитсодержащих базальтовых туфов / Г. Д. Стрельцова [и др.] // Почвы и земельные ресурсы: современное состояние, проблемы рационального использования, геоинформационное картографирование : материалы Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 20–23 сент. 2018 г. / Беларус. гос. ун-т ; ред.: Д. М. Курлович [и др.]. – Минск : БГУ, 2018. – С. 326–329.
5. Hydrothermal alteration of the Ediacaran Volyn-Brest volcanics on the western margin of the East European Craton / J. Śródoń [et al.] // Precambrian Research. – 2019. – № 325. – P. 217–235.
6. Numitor, G. Saponite / G. Numitor // Fly Press. – 2012. – 60 p.
7. Агрономическая эффективность применения сапонитсодержащих туфов / В. Н. Босак [и др.] // Актуальные проблемы геологии, геохимии и геофизики : материалы Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 2–4 февр. 2016 г. / ред.: В. Н. Астапенко [и др.]. – Минск : НПЦ по геологии, 2016. – С. 18–20.
8. Акулич, М. П. Урожайность и качество укропа пахучего в зависимости от применения минеральных удобрений, агроメリорантов и биопрепаратов / М. П. Акулич, В. Н. Босак // Овощеводство : сб. науч. тр. / Ин-т овощеводства ; редкол. А. И. Чайковский (гл. ред.) [и др.]. – Самохваловичи, 2019. – Т. 27. – С. 6–11.
9. Акулич, М. П. Эффективность применения удобрений, агроメリорантов и биопрепаратов при возделывании зеленных и пряно-ароматических культур / М. П. Акулич // Технологические аспекты возделывания сельскохозяйственных культур : сб. ст. по материалам XX Междунар. науч.-практ. конф., Горки, 22–23 июня 2022 г. / Беларус. гос. с.-х. акад. ; ред.: А. С. Мастеров [и др.]. – Горки : БГСХА, 2022. – С. 4–5.
10. Акулич, М. П. Выкарыстанне новых відаў аграмеріярантаў пры вырошчванні вострасмакавых культур / М. П. Акулич, Т. У. Сачыўка, В. М. Босак // Актуальные проблемы почвенного плодородия и возделывания сельскохозяйственных культур : сб.

ст. по материалам Междунар. науч.-практ. конф., Горки, 20–21 апр. 2021 г. / Белорус. гос. с.-х. акад.; ред.: Ю. Л. Тибец [и др.]. – Горки : БГСХА, 2021. – С. 8–10.

11. Босак, В. Н. Агрономическая эффективность применения сапонитсодержащих базальтовых туфов при возделывании овощных культур / В. Н. Босак, Т. В. Сачивко, М. П. Акулич // Приемы повышения плодородия почв и эффективности удобрений : материалы Междунар. науч.-практ. конф., Горки, 18–20 дек. 2018 г. : в 2 ч. / Белорус. гос. с.-х. акад.; ред.: Т. Ф. Персикова [и др.]. – Горки : БГСХА, 2019. – Ч. 2. – С. 11–13.

12. Босак, В. Н. Применение сапонитсодержащего базальтового туфа при возделывании овощных культур / В. Н. Босак, Т. В. Сачивко // Вестн. БарГУ. Сер.: Биологические науки. Сельскохозяйственные науки. – 2017. – № 5. – С. 83–88.

13. Босак, В. Н. Применение сапонитсодержащих базальтовых туфов при возделывании зерновых и зернобобовых культур / В. Н. Босак, Т. В. Сачивко // Агротехника. – 2017. – № 9. – С. 58–62.

14. Босак, В. Н. Природные агромелиоранты в альтернативном земледелии / В. Н. Босак, Т. В. Сачивко // Проблемы продовольственной безопасности : материалы Междунар. науч.-практ. конф., Горки, 19–21 янв. 2023 г. : в 2 ч. / Белорус. гос. с.-х. акад.; ред.: В. В. Великанов [и др.]. – Горки : БГСХА, 2023. – Ч. 1. – С. 233–236.

15. Босак, В. Н. Эффективность применения сапонитсодержащего базальтового туфа при возделывании базилика / В. Н. Босак, Т. В. Сачивко // Фундаментальные и прикладные основы сохранения плодородия почвы и получения экологически безопасной продукции растениеводства : материалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием, Ульяновск, 21–22 нояб. 2017 г. / Ульяновский гос. аграр. ун-т; ред.: В. А. Исайчев [и др.]. – Ульяновск : УГАУ, 2017. – С. 111–115.

16. Влияние сапонитсодержащих базальтовых туфов на продуктивность сельскохозяйственных культур / В. Н. Босак [и др.] // Земледелие и защита растений. – 2016. – № 5. – С. 6–9.

17. Накірункі выкарыстання новых відаў меліярантаў у аграбіяцэнозах / В. М. Босак [і інш.] // Плодородие почв – основа продовольственной безопасности государства : материалы VI съезда Белорус. общества почвоведов и агрохимиков, Минск, 21 июля 2022 г. / Ин-т почвоведения и агрохимии; ред.: Ю. К. Шашко [и др.]. – Минск : Ин-т систем. исслед. в АПК НАН Беларуси, 2022. – С. 59–61.

18. Новые виды агромелиорантов и перспективы их применения в сельском хозяйстве / В. Н. Босак [и др.] // Современные проблемы использования почв и повышения их плодородия : материалы Междунар. науч.-практ. конф., Горки, 6–8 дек. 2021 г. / Белорус. гос. с.-х. акад.; ред.: В. В. Великанов [и др.]. – Горки : БГСХА, 2022. – С. 159–162.

19. Приемы возделывания бобовых овощных культур / В. Н. Босак [и др.]. – Горки : БГСХА, 2022. – 183 с.

20. Применение агромелиорантов при возделывании бобовых овощных культур / В. Н. Босак [и др.] // Овощеводство : сб. науч. тр. / Ин-т овощеводства; редкол.: А. И. Чайковский (гл. ред.) [и др.]. – Самохваловичи, 2021. – Т. 29. – С. 6–14.

21. Применение агромелиорантов при возделывании зеленных и пряно-ароматических культур / В. Н. Босак [и др.] // Вестн. БГСХА. – 2020. – № 1. – С. 92–96.

22. Применение агромелиорантов при возделывании сельскохозяйственных культур / В. Н. Босак [и др.]. – Горки : БГСХА, 2020. – 18 с.

23. Применение сапонитсодержащих базальтовых туфов в земледелии / В. Н. Босак [и др.]. – Минск : БГТУ, 2016. – 14 с.

24. Применение сапонитсодержащих материалов в качестве минерального удобрения при выращивании картофеля в Архангельской области / Е. Н. Наквасина [и др.] // Вестн. КрасГАУ. – 2019. – № 1. – С. 60–68.

25. Романов, Е. М. Применение водной суспензии сапонита на дерново-слабоподзолистой супесчаной окультуренной почве в качестве мелиоранта / Е. М. Романов, Е. Н. Наквасина, Е. Н. Косарева // Вестн. КрасГАУ. – 2020. – № 8. – С. 9–17.
26. Характеристика и направления использования новых видов агроmeliорантов / В. Н. Босак [и др.] // Технологические аспекты возделывания сельскохозяйственных культур : сб. ст. по материалам XIV Междунар. науч.-практ. конф., Горки, 27–28 июня 2019 г. / Белорус. гос. с.-х. акад. ; ред.: А. С. Мастеров [и др.]. – Горки : БГСХА, 2019. – С. 30–32.
27. Bosak, V. Use of saponite-containing basaltic tuffs as a Mg-fertilizer in the cultivation of vegetable crops / V. Bosak, T. Sachyuka, M. Akulich // Bulletin der Bodenkundlichen Gesellschaft der Schweiz. – 2019. – № 40. – S. 29–31.
28. Жирнокислотный состав липидов семян различных сортов *Ocimum L.* / Т. В. Сачивко [и др.] // Переработка и управление качеством сельскохозяйственной продукции : сб. ст. VI Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 30–31 марта 2023 г. / Белорус. гос. аграр. техн. ун-т ; ред. В. Я. Груданов [и др.]. – Минск : БГАТУ, 2023. – С. 93–96.
29. Особенности агротехники и селекции базилика (*Ocimum L.*) / Т. В. Сачивко [и др.]. – Горки : БГСХА, 2015. – 28 с.
30. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – М. : ИД Альянс, 2011. – 352 с.
31. Козловская, И. П. Производственные технологии в агрономии / И. П. Козловская, В. Н. Босак. – М. : Инфра-М, 2016. – 336 с.
32. Литвинов, С. С. Методика полевого опыта в овощеводстве / С. С. Литвинов. – М. : ВНИИО, 2011. – 650 с.
33. Аб пытаннях мінералогіі і незапатрабаваных ідэях акадэміка Т. Н. Кулакоўскай / У. Д. Лісіца [і інш.] // Почва – удобрение – плодородие. – Минск, 2000. – С. 99–110.
34. Босак, В. Выветриванне пародаўтваральных мінералаў праз антрапагеннаўносімыя кіслоты / В. Босак, М. Царай, К. Штар // Вес. ААН Рэсп. Беларусь. – 1996. – № 2. – С. 37–40.
35. Босак, В. Влияние антропогенноносимых кислот на процессы выветривания гранита / В. Босак, К. Штар // Тр. БГТУ: Лесное хозяйство. – 2012. – № 1. – С. 219–221.
36. Босак, В. Н. Процессы химического выветривания новых видов агроmeliорантов / В. Н. Босак, Т. В. Сачивко // Почвоведение и агрохимия. – 2022. – № 1. – С. 212–218.
37. Туф базальтовый сапонитсодержащий: технические условия ТУ ВУ 192018546.015-2017 / Г. Д. Стрельцова [и др.]. – Минск : Гос. ком. по стандартизации Респ. Беларусь, 2017. – 12 с.
38. Известкование почв в севооборотах с кальциефобными культурами / В. В. Лапа [и др.]. – Минск : БелНИВНФХ в АПК, 2006. – 24 с.

Поступила в редакцию 14.11.2023 г.

V. N. BOSAK, T. V. SACHIVKO

APPLICATION OF SAPONITE-CONTAINING BASALTIC TUFFS IN THE CULTIVATION OF *OCIMUM BASILICUM L.* ON SOD-PODZOLIC SOILS

SUMMARY

The results of a study on the influence of saponite-containing basaltic tuffs on the yield and quality of common basil on sod-podzolic loamy and sandy loam soils are presented.

РАЗДЕЛ 3. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ

As a result of field studies, it was established that the use of complete mineral fertilizer NPK increased the yield of green mass of common basil by 24–31 %, saponite-containing basaltic tuffs by 7–10 %, and magnesium sulfate by 5 %. The best indicators of agronomic efficiency were provided by the pre-sowing application of saponite-containing basaltic tuffs in a dose of Mg_{20} against the background of the use of NPK (green mass yield – 2.32–2.45 kg/m², raw protein content – 14.9–15.2 %). Saponite-containing basaltic tuffs are recommended for use as natural magnesium-containing agromeliorants in agrobiocenoses.

Key words: common basil; magnesium; saponite-containing basaltic tuffs; green mass; yield; quality.

УДК 633.82:58.006

Т. В. Сачивко, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,
докторант

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Могилевская область

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ХОЗЯЙСТВЕННО ПОЛЕЗНЫХ ПРИЗНАКОВ ГЕРАНИ КРУПНОКОРНЕВИЩНОЙ

РЕЗЮМЕ

Приведены результаты исследований по оценке селекционного материала герани крупнокорневищной по комплексу хозяйственно полезных морфологических, морфометрических и фенологических признаков, в том числе нового районированного авторского сорта УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия» Танюша.

В результате исследований усовершенствована методика проведения испытаний на отличимость, однородность и стабильность герани крупнокорневищной, что позволяет оптимизировать селекционный процесс данной культуры и проводить расширенную оценку по идентификации сортов при проведении государственного сортоиспытания.

Ключевые слова: герань крупнокорневищная; морфологические, морфометрические и фенологические признаки; селекционный процесс.

ВВЕДЕНИЕ

Герань (*Geranium*) – широко распространенный род семейства гераниевые (*Geraniaceae*), который встречается в различных почвенно-климатических зонах по всему миру. Всего известно более 400 видов герани (травы или полукустарники), в том числе и герань крупнокорневищная (*Geranium macrorrhizum* L.). Название рода *Geranium* произошло от греческого *geranion* (*geranios*), которое переводится как «журавль» (плоды гераней напоминают клюв журавля), что обусловило еще одно название этой культуры – журавельник. Иногда под геранью подразумевают растения из рода пеларгония (*Pelargonium*), которые также относятся к семейству гераниевые (*Geraniaceae*) [1–5].

Герань крупнокорневищная в настоящее время чаще всего используется в декоративном садоводстве, однако ее можно отнести к перспективным пряно-ароматическим и лекарственным культурам. Она содержит макро- и микроэлементы, белки, жиры, углеводы, витамины, биологически активные вещества и др. Надземная часть у герани крупнокорневищной обладает сильным фруктовым ароматом землянично-ананасовых оттенков, что делает ее прекрасным ароматизатором выпечки, фруктовых салатов и напитков. Свежие листья и корневища герани улучшают сердечную деятельность и стабилизируют нервную систему, обладают вяжущим и ранозаживляющим действием. Компоненты эфирных масел обладают широким спектром фармакологической активности, оказывают бактериостатическое, антисептическое, дезинфицирующее, противовирусное, антимикробное и фунгистатическое действие, применяются часто как вспомогательные вещества (корригенты вкуса и запаха фармацевтической продукции). Эфирное масло герани имеет антиаллергенные свойства, снимает

напряжение и стресс, часто используется в ароматерапии. В период вспышек острых респираторных заболеваний рекомендуется обработка воздуха эфирным маслом герани, что приводит к снижению общей микробной обсемененности [6–20].

Цель исследования – изучить основные хозяйственно полезные признаки и усовершенствовать методику оценки селекционного материала герани крупнокорневищной.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Исследования по усовершенствованию оценки селекционного материала герани крупнокорневищной проводили в УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия» в 2016–2023 гг.

Учет основных хозяйственно полезных признаков осуществляли с различными сортообразцами герани крупнокорневищной, в том числе новым авторским сортом Танюша селекции УО БГСХА [1, 4, 21–24].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Селекционная работа с геранью, как и другими пряно-ароматическими и эфирномасличными культурами, начинается со сбора и анализа имеющихся сортов и форм, всестороннего изучения имеющихся популяций и выделения конкурентоспособных форм. Исходный материал герани – отечественные сорта и сорта зарубежной селекции, образцы различного эколого-географического происхождения. Селекционная работа определяется разнообразием и степенью изученности исходного материала. На основании всестороннего изучения имеющегося разнообразия исходного материала герани в пределах каждой популяции проводится отбор лучших экземпляров для дальнейшего размножения с целью закрепления в потомстве замеченных положительных признаков [25–31].

В селекции герани применяют в основном аналитический метод. Но возможно применять гибридизацию с последующим индивидуальным, групповым и массовым отбором, а также клоновый отбор, так как герань крупнокорневищная размножается и вегетативно (отрезками корневища), что закрепит полезные признаки у клонов.

Селекционный материал должен оцениваться по основным хозяйственно ценным признакам: габитус, высота растения, размер, окраска и интенсивность основной и вторичной окраски листьев, локализация и рисунок вторичной окраски листьев, опушение, морщинистость, край лопастей листьев и глубина надрезов по краю, ветвление и длина цветоноса, тип, диаметр и положение цветка, окраска основная, вторичная, локализация и рисунок вторичной окраски лепестка, выраженность и окраска жилок на лепестке, группа цветения, биохимические показатели (содержание эфирных масел и их компонентный состав, витамины, биологически активные вещества и др.), семенная продуктивность, ароматичность. Некоторые из изучаемых признаков возможно применять в селекции герани для получения сортов декоративного назначения.

Изучение селекционного материала герани крупнокорневищной должно проводиться в условиях, обеспечивающих нормальный рост и развитие растений для проявления характерных и отличительных признаков сорта.

Наблюдения на растениях осуществляются до цветения (габитус), во время массового цветения (высота). Измерения высоты проводятся от земли до наивысшей точки растения. Все признаки листа и листовой пластинки наблюдают на типичном листе в начале цветения. Измерение длины листовой пластинки проводится от основания (не учитывая черешок) до кончика листа, ширины – в самой широкой части листовой пластинки. Признаки соцветия, венчика, лепестка оцениваются во время массового цветения. Созревание семян учитывается при побурении плодов.

Время начала цветения определяют по числу дней с момента отрастания до распускания цветков. Началом цветения считают фазу, когда 10 % растений имеют открытые цветки. Массовым цветением считают фазу, когда 75 % растений имеют открытые цветки.

Уборку урожая проводят в период максимального развития листовой массы. При первой уборке срезают почти все основные ветви, оставляя на кусте только несколько (3–5) молодых растущих ветвей, а при втором сборе урожая срезают все имеющиеся ветви. При однократной уборке срезают весь куст целиком (если он небольшой) или отдельно все ветви. Урожай учитывают, взвешивая сырье с каждой делянки сразу после срезки. Урожайность рассчитывают при естественной влажности.

Изучение особенностей развития растений проводят методом фенологических наблюдений по общепринятым методикам [26, 32], учитывая особенности растений герани:

- посев (деление куста) – первый год;
- всходы (единичные, массовые) – первый год;
- пикировка – первый год;
- посадка в открытый грунт – первый год;
- отрастание листьев (у 75 % растений появились первые листочки) – второй год;
- выбрасывание цветоноса;
- начало цветения – определяется с момента распускания первых цветков на отдельных побегах (10 %);
- массовое цветение – определяется визуально, когда большая часть побегов активно цветет (до 75 %);
- окончание цветения – определяется визуально, когда большая часть побегов отцвела (до 75 %);
- созревание семян – плоды приобретают светло-коричневую окраску (рис. 1).

Плод – клювовидное образование, которое после созревания разделяется на односеменные плодики. Собирать семена затруднительно вследствие особенностей их полного созревания – трудно уловить момент окончательного созревания, они внезапно разбрасываются естественным путем.

Для облегчения оценки на отличимость сорта коллекции, имеющие схожие характерные и отличительные признаки, разбивают на группы. Группирование проводят по признакам, которые, исходя из практического опыта, не варьируют или варьируют незначительно в пределах сорта (габитус растения, окраска листовой пластинки, время начала цветения, окраска венчика):

- 1) растение: габитус (прямостоячее, полупрямостоячее, раскидистое, горизонтальное);
- 2) лист: основная окраска (RHS Colour Chart (цветовая шкала RHS) указать номер);
- 3) лист: вторичная окраска (отсутствует, беловатая, светло-зеленая, зеленая, темно-зеленая, желто-зеленая, серо-зеленая, желтая, розовая, красная, пурпурная, коричнево-фиолетовая, коричневая, красновато-коричневая);
- 4) лепесток: основная окраска (RHS Colour Chart (цветовая шкала RHS) указывается номер) (рис. 2);
- 5) лепесток: выраженность жилок (очень слабая, слабая, средняя, сильная, очень сильная);
- 6) время начала цветения.

Для оценки и создания новых сортов, а также подтверждения их однородности в качестве хозяйственных признаков должны учитываться следующие:

- 1) растение: высота (очень низкое, низкое, среднее, высокое, очень высокое);



Вид растений на начало апреля (отрастание)



Вид растений на 12 день после отрастания



Вид растений на 37 день после отрастания



Начало выбрасывания цветоноса на 42 день после отрастания



Зеленая окраска бутонов на стадии бутонизации



Наличие антоциана на бутонах перед цветением



Массовое выбрасывание цветоноса на 45 день после отрастания



Начало цветения герани на 48 день после отрастания



Массовое цветение герани на 55 день после отрастания



Начало раскрытия первого цветка в соцветии



Раскрытый венчик



Отцветшие соцветия



Окончание цветения на 68 день после отрастания



Созревание семян на 75 день после отрастания



Растрескивание плода

Рисунок 1 – Фазы развития герани крупнокорневищной



Рисунок 2 – Окраска лепестков герани крупно-корневищной

- 2) лист: соотношение длина/ширина (очень низкое, низкое, среднее, высокое, очень высокое);
- 3) лист: локализация вторичной окраски (по краю, кайма по краю, центральная зона, промежуточная зона, в пазухах, по всей пластинке);
- 4) лист: рисунок вторичной окраски (сплошной или почти сплошной, румянец, пятнышки, прожилки, нерегулярные сектора);
- 5) лист: опушение (отсутствует или очень слабое, слабое, среднее, сильное, очень сильное);
- 6) лист: морщинистость (отсутствует или очень слабая, слабая, средняя, сильная);
- 7) лист: глубина пазух (отсутствует или очень мелкая, мелкая, средняя, глубокая, очень глубокая);
- 8) лист: края лопастей (отклоняются друг от друга, параллельно друг другу, соприкасаются, перекрываются);
- 9) лист: расположение относительно друг друга лопастей у основания (сильно расходятся, умеренно расходятся, слабо расходятся, параллельные, перекрываются);
- 10) лист: глубина надразов по краю (мелкая, средняя, глубокая);
- 11) цветонос: ветвление (боковые ответвления с обеих сторон, боковые ветви разветвляются только на одну сторону);
- 12) соцветие: длина цветоноса (короткий, средний, длинный);
- 13) цветок: положение (вверх, немного наружу, сильно наружу, вниз);
- 14) цветок: тип (простой, махровый);
- 15) цветок: диаметр (маленький, средний, большой);
- 16) цветок: профиль в поперечном сечении (сильно вогнутый, умеренно вогнутый, слабо вогнутый, плоский, слабо выпуклый, умеренно выпуклый, сильно выпуклый);
- 17) лепесток: форма верхушки (острая, тупая, округлая, усеченная, сердцевидная, рассеченная);
- 18) лепесток: локализация вторичной окраски (отсутствует, краевая зона, дистальная четверть, дистальная половина, базальная половина, базальная четверть, у основания, поперечная полоса, по всей поверхности);
- 19) лепесток: вторичная окраска (RHS Colour Chart (цветовая шкала RHS) указать номер);
- 20) лепесток: рисунок вторичной окраски (сплошной или почти сплошной, румянец, пятна и полосы);
- 21) лепесток: локализация выраженных жилок (дистальная четверть, дистальная половина, дистальные три четверти, средняя часть, базальные три четверти, базальная половина, базальная четверть, по всей поверхности);

22) лепесток: окраска жилок (светло-розовая, розовая, темно-розовая, красная, светло-красно-фиолетовая, красно-фиолетовая, темно-красно-фиолетовая, светло-фиолетовая, фиолетовая, темно-фиолетовая, сине-фиолетовая, синяя, черноватая).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В исследованиях УО БГСХА изучены коллекционные образцы герани крупнокорневищной (*Geranium macrorrhizum* L.), на основании оценки морфологических, морфометрических и фенологических признаков которых усовершенствована методика проведения испытаний на отличимость, однородность и стабильность, что позволяет оптимизировать селекционный процесс данной культуры и проводить расширенную оценку по идентификации сортов при проведении государственного сортоиспытания.

Национальная методика проведения испытаний на отличимость, однородность и стабильность предоставляет возможность селекционерам обратить внимание на соответствующие характерные и отличительные признаки герани крупнокорневищной, что будет способствовать эффективному ведению дальнейшей селекционной работы по созданию форм и сортов с различными хозяйственно ценными свойствами.

Список литературы

1. Генетические ресурсы растений. Пряно-ароматические и эфирно-масличные культуры / Т. В. Сачивко [и др.]. – Горки : БГСХА, 2021. – 22 с.
2. Карписонова, Р. А. Герани в саду / Р. А. Карписонова. – М. : Кладезь-Букс, 2006. – 30 с.
3. Корякина, О. В. Значение полевых коллекций и сортов рода *Geranium* / О. В. Корякина, О. А. Сорокопудова // Интродукция, сохранение и использование биологического разнообразия флоры : материалы Междунар. науч. конф., Минск, 28 июня – 1 июля 2022 г. : в 2 ч. / Нац. акад. наук Беларуси [и др.] ; ред.: В. В. Титок [и др.]. – Минск : Белтоможсервис, 2022. – Ч. 2. – С. 300–302.
4. Сачивко, Т. В. Новый сорт *Geranium macrorrhizum* L.: характеристика и особенности селекции / Т. В. Сачивко, В. Н. Босак // Мичуринский агроном. вестн. – 2019. – № 1. – С. 84–88.
5. Сачивко, Т. В. Характеристика и особенности селекции *Geranium macrorrhizum* L. / Т. В. Сачивко, В. Н. Босак, М. Е. Кошман // Качественный рост российского агропромышленного комплекса: возможности, проблемы и перспективы : материалы XXVII Междунар. агропром. выст. «Агрорусь – 2018», Санкт-Петербург, 21–24 авг. 2018 г. / Санкт-Петербургский гос. аграр. ун-т ; ред.: В. А. Смелик [и др.]. – СПб. : СПбГАУ, 2018. – С. 100–101.
6. Биохимический состав пряно-ароматических, эфиромасличных и зеленных культур / В. Н. Босак [и др.] // Теоретичні і практичні аспекти розвитку галузі овочівництва в сучасних умовах : зб. тез III Міжнар. наук.-практ. конф., Селекційне, 23 липня 2020 р. / Інститут овочівництва і баштанництва. – Вінниця : Твори, 2020. – Т. 1. – С. 85–86.
7. Дрыкова, С. А. Применение растений рода герань и их эфирных масел в различных отраслях / С. А. Дрыкова // Образование и наука в России и за рубежом. – 2019. – № 8 (56). – С. 114–119.
8. Особенности биохимического состава пряно-ароматических, зеленных и декоративных культур / В. Н. Босак [и др.] // Вестн. БГСХА. – 2018. – № 3. – С. 93–96.
9. Особенности химического состава пряно-ароматических и эфирно-масличных культур / В. Н. Босак [и др.] // Актуальные проблемы агрономии : сб. ст. по материалам Междунар. науч.-практ. конф., 2 нояб. 2020 г. / Белорус. гос. с.-х. акад. ; ред.: О. А. Цыркунова [и др.]. – Горки : БГСХА, 2020. – С. 10–11.

10. Пряно-ароматические и эфирно-масличные культуры: урожайность и жирно-кислотный состав семян / Т. В. Сачивко [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2022. – Т. 52, № 4. – С. 675–684.
11. Рыбак, Л. Н. Сравнительное изучение количественного содержания полифенолов в разных видах герани (*Geranium L.*) в фазу массового цветения / Л. Н. Рыбак // Разработка, исследование и маркетинг новой фармацевтической продукции. – Пятигорск : Пятигорская ГФА, 2011. – Вып. 66. – С. 170–172.
12. Сачивко, Т. В. Аллелопатические свойства пряно-ароматических и эфирно-масличных растений / Т. В. Сачивко, А. А. Блохин, В. Н. Босак // Овощеводство. – 2021. – Т. 29. – С. 171–179.
13. Сачивко, Т. В. Использование новых сортов пряно-ароматических культур в традиционной и народной медицине / Т. В. Сачивко, В. Н. Босак // Лікарське рослинництво: від досвіду минулого до новітніх технологій : матеріали шостої Міжнар. наук.-практ. конф., Полтава, 26–27 грудня 2017 р. / ПДАА ; ред.: В. І. Аранчій [та інш.]. – Лубни : Комунальне видавництво «Лубни», 2018. – С. 103–104.
14. Сачивко, Т. В. Микроэлементный состав пряно-ароматических и зеленных культур / Т. В. Сачивко, М. В. Наумов, В. Н. Босак // Научно-инновационные основы развития отрасли овощеводства : тез. докл. Междунар. науч.-практ. конф., Самохваловичи, 22–24 авг. 2018 г. / Ин-т овощеводства ; ред.: А. И. Чайковский [и др.]. – Самохваловичи, 2018. – С. 39–40.
15. Сачивко, Т. В. Особенности накопления эфирных масел малораспространенными видами пряно-ароматических культур / Т. В. Сачивко, В. Н. Босак // Развитие и внедрение современных наукоемких технологий для модернизации агропромышленного комплекса : сб. ст. по материалам Междунар. науч.-практ. конф., 5 нояб. 2020 г. / Курганская гос. с.-х. акад. ; ред.: В. Г. Чумаков [и др.]. – Курган : КГСХА, 2020. – С. 317–321.
16. Сачивко, Т. В. Особенности селекции и характеристика *Geranium macrorrhizum L.* и *Ruta graveolens L.* / Т. В. Сачивко, В. Н. Босак // Основні, малопоширені і нетрадиційні види рослин – від вивчення до освоєння (сільськогосподарські і біологічні науки) : матеріали II Міжнар. наук.-практ. конф., Крути, 14–15 березня 2018 р. : у 4 т. / ДС «Маяк». – Обухів : Друкарня ФОП Гуляєва В. М., 2018. – Т. 1. – С. 195–197.
17. Сачивко, Т. В. Содержание эфирных масел в различных видах пряно-ароматических и зеленных культур / Т. В. Сачивко, В. Н. Босак // Переработка и управление качеством сельскохозяйственной продукции : сб. ст. IV Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 21–22 марта 2019 г. / Белорус. гос. аграр. ун-т ; ред.: В. Я. Груданов [и др.]. – Минск : БГАТУ, 2019. – С. 341–343.
18. Сачыўка, Т. У. Новыя сарты вострасмакавых культур у дэкаратыўным садоўніцтве / Т. У. Сачыўка, В. М. Босак // Лесное хозяйство : материалы 87-й науч.-техн. конф., Минск, 31 янв. – 17 февр. 2023 г. / Белорус. гос. технол. ун-т ; ред.: И. В. Войтов [и др.]. – Минск : БГТУ, 2023. – С. 359–361.
19. *Geranium macrorrhizum L. (Geraniaceae)* essential oil: a potent agent against *Bacillus subtilis* / N. S. Radulović [et al.] // Chemistry biodiversity. – 2010. – Vol. 7. – P. 2783–2800.
20. Valorization of essential oils from two populations (wild and commercial) of *Geranium macrorrhizum L.* / J. F. Navarro-Rocha [et al.] // Industrial Crops & Products. – 2018. – Vol. 116. – P. 41–45.
21. Государственный реестр сортов сельскохозяйственных растений / Государственная инспекция по испытанию и охране сортов растений. – Минск, 2023. – 300 с.
22. Сачивко, Т. В. Направления и результаты селекции пряно-ароматических и эфирно-масличных культур в Ботаническом саду УО БГСХА / Т. В. Сачивко, А. А. Блохин,

В. Н. Босак // Селекция и генетика: инновации и перспективы : сб. ст. по материалам Междунар. науч.-практ. конф., 20 нояб. 2020 г. / Белорус. гос. с.-х. акад. ; ред.: Г. И. Витко [и др.]. – Горки : БГСХА, 2020. – С. 111–114.

23. Сачивко, Т. В. Новые сорта пряно-ароматических и эфирно-масличных культур: направления и перспективы использования / Т. В. Сачивко, В. Н. Босак // Проблемы продовольственной безопасности : материалы Междунар. науч.-практ. конф., Горки, 19–21 янв. 2023 г. : в 2 ч. / Белорус. гос. с.-х. акад. ; ред.: В. В. Великанов [и др.]. – Горки : БГСХА, 2023. – Ч. 1. – С. 237–239.

24. Характеристика и особенности агротехники новых сортов пряно-ароматических культур / Т. В. Сачивко [и др.]. – Горки : БГСХА, 2019. – 19 с.

25. Гужов, Ю. Селекция и семеноводство культурных растений / Ю. Гужов, А. Фукс, П. Валичек. – М. : Агропромиздат, 1991. – 464 с.

26. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (масличные, эфиромасличные, лекарственные и технические культуры, шелковица, тутовый шелкопряд) / М. А. Федин [и др.]. – М., 1983. – Вып. 3. – 184 с.

27. Методика проведения испытания сортов на отличимость, однородность и стабильность (декоративные культуры) / В. А. Бейня [и др.]. – Минск, 2015. – 244 с.

28. Сачивко, Т. В. Оценка селекционного материала пряно-ароматических и эфирно-масличных растений / Т. В. Сачивко, В. Н. Босак // Селекция и генетика: инновации и перспективы : сб. ст. по материалам Междунар. науч.-практ. конф., Горки, 25 сент. 2023 г. / Белорус. гос. с.-х. акад. ; ред.: Г. И. Витко [и др.]. – Горки : БГСХА, 2023. – С. 108–110.

29. Сачивко, Т. В. Усовершенствование методики оценки хозяйственно полезных признаков пажитника голубого / Т. В. Сачивко, В. Н. Босак // Проблемы развития АПК региона. – 2023. – № 3 (55). – С. 82–88.

30. Селекция эфиромасличных культур : методические указания / А. И. Аринштейн [и др.]. – Симферополь : ВНИИЭМК, 1978. – 34 с.

31. Тарануха, Г. И. Селекция и семеноводство сельскохозяйственных культур / Г. И. Тарануха. – Минск : ИВЦ Минфина, 2009. – 420 с.

32. Бейдеман, И. Н. Методика изучения фенологии растений и растительных сообществ / И. Н. Бейдеман. – Новосибирск : Наука, 1974. – 155 с.

Поступила в редакцию 14.11.2023 г.

T. V. SACHIVKO

METHODOLOGY FOR ASSESSING ECONOMICALLY VALUABLE SIGNS OF BIGROOT GERANIUM

SUMMARY

The results of research on the assessment of breeding material of bigroot geranium according to a complex of economically valuable morphological, morphometric and phenological traits, are presented including Tanyusha – a new zoned original variety of the Belarusian State Agricultural Academy.

As a result of the research, the methodology for testing the distinctiveness, homogeneity and stability of bigroot geranium has been improved, which allows optimizing the breeding process of this crop and conducting an extended assessment of variety identification during state variety testing.

Key words: bigroot geranium; morphological, morphometric and phenological traits; breeding process.

Научное издание

КАРТОФЕЛЕВОДСТВО И ОВОЩЕВОДСТВО

СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ

ТОМ 1

Основан в 2023 году

Ответственный за выпуск Е. А. Мацулевич

Издано по заказу РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству», ул. Ковалева, 2а, аг. Самохваловичи, Минский район, Минская область, 223013, Республика Беларусь.
Тел/факс: + 37517 506-67-79. E-mail: belbulba@belbulba.by

Подписано в печать 28.12.2023. Формат 70×100 ¹/₁₆. Бумага офсетная. Печать цифровая. Усл. печ. л. 25,19. Уч.-изд. л. 25,65. Тираж 100 экз. Заказ 33.
Издатель и полиграфическое исполнение: Государственное предприятие «Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси».
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий № 1/39 от 20.09.2013.
Ул. Казинца, 103, 220108, Минск.