

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



КАРТОФЕЛЕВОДСТВО

Сборник научных трудов

Том 29

Минск 2021

Картофелеводство: сб. науч. тр. / РУП «Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству»; редкол.: В. Л. Маханько (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2021. – Т. 29. – 217 с.

Издание основано в 1970 г.

Редакционная коллегия:

главный редактор – В. Л. Маханько,
кандидат сельскохозяйственных наук;
заместитель главного редактора – Г. И. Пискун,
доктор сельскохозяйственных наук, доцент;
ответственный секретарь – Е. А. Мацулевич;

С. И. Гриб, академик НАН Беларуси,
доктор сельскохозяйственных наук, профессор;
А. П. Ермишин, доктор биологических наук, доцент;
А. В. Кильчевский, член-корреспондент НАН Беларуси,
доктор биологических наук, профессор;
В. А. Козлов, доктор сельскохозяйственных наук, доцент;
И. А. Родькина, кандидат биологических наук;
Л. Н. Козлова, кандидат сельскохозяйственных наук;
И. А. Михалькович, кандидат сельскохозяйственных наук;
О. Б. Незаконова, кандидат сельскохозяйственных наук;
Н. В. Русецкий, кандидат биологических наук, доцент;
Д. Д. Фицуро, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;
А. В. Чашинский, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;
И. И. Бусько, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;
Е. В. Радкович, кандидат биологических наук;
В. В. Азаренко, член-корреспондент НАН Беларуси,
доктор технических наук, доцент;
З. В. Ловкис, член-корреспондент НАН Беларуси,
доктор технических наук, профессор

© Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству», 2021
© Оформление. Республиканское научное унитарное предприятие «Институт системных исследований в АПК Национальной академии наук Беларуси», 2021

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



POTATO-GROWING

Proceedings

Volume 29

Minsk 2021

Potato-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, 2021. – V. 29. – 217 p.

Founded in 1970

Editorial board:

editor-in-chief – **V. L. Makhanko**, PhD in Agricultural Sciences;
deputy editor-in-chief – **G. I. Piskun**, Doctor of Agricultural Sciences,
associate professor;
responsible secretary – **E. A. Matsulevich**;

S. I. Grib, Academician of the NAS of Belarus,
Doctor of Agricultural Sciences, professor;
A. P. Ermishin, Doctor of Biological Sciences, associate professor;
A. V. Kilchevskiy, Corresponding Member of the NAS of Belarus,
Doctor of Biological Sciences, professor;
V. A. Kozlov, Doctor of Agricultural Sciences, associate professor;
I. A. Rodkina, PhD in Biological Sciences;
L. N. Kozlova, PhD in Agricultural Sciences;
I. A. Mihalkovich, PhD in Agricultural Sciences;
O. B. Nezakonova, PhD in Agricultural Sciences;
N. V. Rusetskiy, PhD in Biological Sciences, associate professor;
D. D. Fitsuro, PhD in Agricultural Sciences, associate professor;
A. V. Chashinskiy, PhD in Agricultural Sciences, associate professor;
I. I. Busko, PhD in Agricultural Sciences, associate professor;
E. V. Radkovich, PhD in Biological Sciences;
V. V. Azarenko, Corresponding Member of the NAS of Belarus,
Doctor of Engineering Sciences, associate professor;
Z. V. Lovkis, Corresponding Member of the NAS of Belarus,
Doctor of Engineering Sciences, professor

© Republican Unitary Enterprise «Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Potato, Fruit and Vegetable Growing», 2021

© Issuance. Republican Scientific Unitary Enterprise «The Institute of System Researches in Agro-Industrial Complex of the National Academy of Sciences of Belarus», 2021

СОДЕРЖАНИЕ

Раздел 1. Селекция картофеля

Бейня В. А., Семашко Т. В. Развитие методологического обеспечения государственного испытания сортов картофеля <i>Solanum tuberosum</i> L. на отличимость, однородность и стабильность в Республике Беларусь	9
Козлов В. А., Козлова Л. Н., Медведева Е. И., Чашинский А. В., Русецкий Н. В., Семанюк Т. В. Изучение перспективного селекционного материала по биохимическим показателям клубней картофеля	17
Козлова Л. Н., Незаконова О. Б., Рядинская Е. А. Потребительские качества новых сортов картофеля белорусской селекции	24
Кожушко Н. С., Сахошко Н. Н., Смилык Д. В. Селекция картофеля на пригодность к промышленной переработке для производства пищевых продуктов	30
Пискун Г. И. Приоритетные направления селекции картофеля в связи с изменением климата	38
Федорова Ю. Н., Федорова Л. Н., Тельпук М. Б., Зайцева М. И. Адаптивность отечественных сортов картофеля в условиях нечерноземной зоны России	44

Раздел 2. Генетика картофеля

Михалькович И. А., Башко Д. В., Кондратюк А. В., Козлов В. А. Выделение источников устойчивости к патогенам среди диких видов <i>Solanum</i> коллекции <i>in vitro</i> с использованием молекулярных маркеров	51
Русецкий Н. В., Козлов В. А., Михалькович И. А., Башко Д. В., Кондратюк А. В., Чашинский А. В., Семанюк Т. В. Скрининг селекционного и коллекционного материала картофеля на устойчивость к М- и S-вирусам с применением молекулярных маркеров	58
Чашинский А. В. Создание нового исходного материала картофеля, устойчивого к фитофторозу	70

Раздел 3. Иммуниет и защита картофеля

Бусько И. И., Манцевич Л. А., Назаров В. Н. Соил Флюид, КС – новый гербицид для уничтожения сорняков на посадках картофеля	78
Гуца Г. Н., Радкович Е. В., Сердюкова Н. С., Халимоненко Ю. А., Анципович В. В. Выявление вирусной и бактериальной инфекции для получения высококачественного исходного семенного материала картофеля	85
Назаров В. Н., Бусько И. И., Леванцевич И. В., Манцевич Л. А., Тимохова М. М. Устойчивость селекционного материала картофеля к ризоктониозу	93

Раздел 4. Технология производства, переработки и хранения картофеля

Ионас Е. Л., Ковалева И. В., Кардис Т. В., Шагитова М. Н. Оценка эффективности применения удобрений при производстве картофеля в северо-восточной части Беларуси	98
---	----

<i>Рылко В. А.</i> Влияние отделения материнского клубня картофеля от растения на урожайные свойства потомства	105
<i>Сердюков В. А., Маханько В. Л., Фицуρο Д. Д.</i> Результаты исследований влияния агротехнических условий выращивания (ширины междурядий 75 и 90 см) и хранения на лежкость клубней продовольственного картофеля	111
<i>Сердюков В. А., Маханько В. Л., Фицуρο Д. Д., Козлова Л. Н., Гасило Д. С.</i> Определение факторов, влияющих на накопление биохимических веществ в клубнях продовольственного картофеля	119
<i>Сокол С. В., Курейчик Н. А., Пискун Г. И., Фицуρο Д. Д.</i> Влияние экологизированных приемов и технологий на получение качественных клубней картофеля	128
<i>Терлецкая Н. Ф., Антониюк А. С.</i> Использование органических удобрений на основе отходов крахмального производства при возделывании картофеля	139
<i>Фицуρο Д. Д., Сердюков В. А., Гасило Д. С.</i> Результаты применения биопрепаратов и биоудобрений при выращивании картофеля на дерново-подзолистой почве	145
<i>Хох Н. А., Рутковская Л. С., Ровная М. О.</i> Влияние некорневых подкормок микроудобрениями марки АгроНан на урожайность и качество картофеля	156
Раздел 5. Семеноводство картофеля	
<i>Анципович В. В., Анципович Н. А., Попкович А. И., Бобкова О. И.</i> Выход клубней первого клубневого поколения картофеля в сооружениях защищенного грунта при различных схемах посадки и применении микроудобрений	161
<i>Анципович Н. А., Анципович В. В., Попкович А. И., Шамякова Т. В.</i> Сохранение урожайных свойств ранних сортов картофеля в процессе полевого репродуцирования в зависимости от размера посадочного клубня	171
<i>Курейчик Н. А., Сокол С. В., Гуминский А. В., Живето Л. К., Михальчук Е. В.</i> Влияние условий выращивания на продуктивность растений картофеля в питомнике первого клубневого поколения	178
<i>Обэс Е. В., Гаитова Н. А.</i> Продуктивность сортов картофеля при поддержании полевой коллекции в северном регионе и высокогорье	186
<i>Попкович А. И., Козлов В. А., Анципович В. В., Радкович Е. В., Анципович Н. А.</i> Влияние пространственной изоляции и способов защиты от тлей на накопление вирусной инфекции в процессе полевого репродуцирования семенного картофеля	198
<i>Сидоренко Т. Н., Колomoец С. А., Тихонова Л. Г.</i> Эффективность применения макро- и микроудобрений в культуре <i>in vitro</i> картофеля	210

CONTENTS

Section 1. Potato selective breeding

<i>Beinya V. A., Semashko T. V.</i> Development of methodological base for state testing of potato varieties (<i>Solanum tuberosum</i> L.) for distinctness, homogeneity and stability in the Republic of Belarus	9
<i>Kozlov V. A., Kozlova L. N., Medvedeva E. I., Chashinskiy A. V., Rusetskiy N. V., Semanyuk T. V.</i> Study of promising selective breeding material based on the biochemical indicators of potato tubers	17
<i>Kozlova L. N., Nezakonova O. B., Ryadinskaya E. A.</i> Consumer properties of new potato varieties of Belarusian selective breeding	24
<i>Kozhushko N. S., Sakhoshko N. N., Smilyk D. V.</i> Potato selective breeding for suitability for industrial processing for food production	30
<i>Piskun G. I.</i> Priority areas of potato selective breeding in connection with climate change	38
<i>Fedorova Yu. N., Fedorova L. N., Telpuk M. B., Zaitseva M. I.</i> Adaptability of domestic potato varieties in the conditions of the non-black earth region of Russia	44

Section 2. Potato genetics

<i>Mihalkovich I. A., Bashko D. V., Kondratyuk A. V., Kozlov V. A.</i> Selection of pathogen resistant genotypes among the <i>in vitro</i> collection of <i>Solanum</i> wild species using DNA markers	51
<i>Rusetskiy N. V., Kozlov V. A., Mihalkovich I. A., Bashko D. V., Kondratyuk A. V., Chashinskiy A. V., Semanyuk T. V.</i> Screening of potato selective and collecting material for resistance to PVM and PVS using DNA markers	58
<i>Chashinskiy A. V.</i> Creation of new potato initial material resistant to late blight	70

Section 3. Potato immunity and protection

<i>Busko I. I., Mantsevich L. A., Nazarov V. N.</i> Soil Fluid, CS – a new herbicide to control weeds in potato crops	78
<i>Guscha G. N., Radkovich E. V., Serdyukova N. S., Halimonenko Yu. A., Antsipovich V. V.</i> Detection of viral and bacterial infections in order to obtain high quality initial potato seed material	85
<i>Nazarov V. N., Busko I. I., Levantsevich I. V., Mantsevich L. A., Timohova M. M.</i> Potatoes breeding material assessment for resistance to <i>Rhizoctonia solani</i> Kuhn.	93

Section 4. Potato production, processing and storage technology

<i>Ionas E. L., Kovaleva I. V., Kardis T. V., Shagitova M. N.</i> Fertilizers effectiveness assessment in potato production in the north-eastern part of Belarus	98
<i>Rylko V. A.</i> The effect of separation of the mother potato tuber from the plant on the yield properties of the offspring	105
<i>Serdyukov V. A., Makhanko V. L., Fitsuro D. D.</i> Research influence results of agrotechnical growing conditions (planting width of 75 and 90 cm) and storage conditions on ware potato tubers storability	111

Serdyukov V. A., Makhanko V. L., Fitsuro D. D., Kozlova L. N., Gastilo D. S. Factors affecting the accumulation of biochemical substances in ware potato tubers	119
Sokol S. V., Kureichik N. A., Piskun G. I., Fitsuro D. D. Influence of green technologies and practices on production of high-quality potato tubers	128
Terletskaya N. F., Antonyuk A. S. Use of organic fertilizers based on starch production waste in potato cultivation	139
Fitsuro D. D., Serdyukov V. A., Gastilo D. S. Results of the use of biopreparations and biofertilizers when growing potatoes on sod-podzolic soil	145
Khoh N. A., Rutkovskaya L. S., Rovnaya M. O. Influence of foliage spraying with micro-fertilizers of the AgroNan brand on potato yield and quality	156

Section 5. Potato seed production

Antsipovich V. V., Antsipovich N. A., Popkovich A. I., Bobkova O. I. The yield of potato tubers of first generation in protected ground structures with various planting methods and the use of micro-fertilizers	161
Antsipovich N. A., Antsipovich V. V., Popkovich A. I., Shamyakova T. V. Preservation of yielding properties of early potato varieties in the field production depending of the size of a seed tuber	171
Kureichik N. A., Sokol S. V., Guminskiy A. V., Zhiveto L. K., Mihalchuk E. V. Effect of growth environment on the productivity of potato plants in a first tuber generation nursery	178
Oves E. V., Gaitova N. A. The yield of potato varieties while maintaining a field collection in the northern region and highlands	186
Popkovich A. I., Kozlov V. A., Antsipovich V. V., Radkovich E. V., Antsipovich N. A. Influence of spatial isolation and methods of protection against aphids on the accumulation of viral infection during field reproduction of seed potatoes	198
Sidorenko T. N., Kolomoets S. A., Tihonova L. G. Effectiveness of macro- and micro-fertilizers in the culture <i>in vitro</i> of potatoes	210

РАЗДЕЛ 1

СЕЛЕКЦИЯ КАРТОФЕЛЯ

УДК 635.21:631.526.32-048.24(476)

<https://doi.org/10.47612/0134-9740-2021-29-9-16>

В. А. Бейня, Т. В. Семашко

ГУ «Государственная инспекция по испытанию и охране сортов растений»,
г. Минск

E-mail: belsort@sorttest.by

РАЗВИТИЕ МЕТОДОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ГОСУДАРСТВЕННОГО ИСПЫТАНИЯ СОРТОВ КАРТОФЕЛЯ *SOLANUM TUBEROSUM* L. НА ОТЛИЧИМОСТЬ, ОДНОРОДНОСТЬ И СТАБИЛЬНОСТЬ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

РЕЗЮМЕ

*В ходе работы был проведен анализ развития государственного испытания сортов картофеля *Solanum tuberosum* L. на отличимость, однородность и стабильность (далее – ООС) в Республике Беларусь. С целью оптимизации организации государственного испытания сортов картофеля на ООС созданы два участка патентной экспертизы на ГСХУ «Молодечненская сортоиспытательная станция» и ГСХУ «Горецкая сортоиспытательная станция»; последовательно внедрены в практику испытания две национальные методики испытания на ООС, разработанные на основе UPOV-методик; внедрены национальные сорта-эталон; созданы фотокаталог основных идентификационных признаков картофеля и национальная референтная коллекция общеизвестных сортов для обеспечения корректности определения критериев ООС.*

Ключевые слова: государственное испытание сортов на ООС, картофель, идентификация, коллекции, сорта-эталон, UPOV.

ВВЕДЕНИЕ

Селекция растений является наукой о создании новых сортов сельскохозяйственных культур. В ее задачу входит сбор, создание и изучение исходного материала, оценка полученных новых селекционных форм, испытание и передача в государственное испытание для их всесторонней оценки с целью рекомендации для внедрения в сельхозпроизводство.

Главная цель селекционной работы заключается в создании новых сортов, адаптивных к меняющимся климатическим условиям, устойчивых, толерантных к болезням, вредителям, способных давать более высокие урожаи продукции с высокими качественными показателями. Вся деятельность селекционных учреждений и селекционеров направлена на выполнение тех неотложных задач, которые стоят перед сельскохозяйственным производством по созданию достаточного количества продуктов питания для населения и сырья для легкой и пищевой промышленности.

Под новым сортом согласно определению Международного союза по охране новых сортов растений (далее – UPOV) понимается группа растений, в рамках низшего из известных ботанических таксонов, которая может:

- быть определена степень проявления признаков, являющихся результатом реализации данного генотипа или комбинации генотипов;
- быть отличимой от любой другой группы растений степенью выраженности по крайней мере одного из этих признаков;
- рассматриваться как единое целое с точки зрения ее пригодности для воспроизведения в неизменном виде целых растений сорта [1].

Государственное сортоиспытание, являясь заключительным этапом селекционного процесса, позволяет оценить целесообразность использования сорта в сельскохозяйственном производстве в определенных почвенно-климатических условиях, а также идентифицировать сорт [2].

Официальное признание и включение сортов отечественной и зарубежной селекции в Государственный реестр сортов осуществляется по результатам государственного сортоиспытания [3], проводимого ГУ «Государственная инспекция по испытанию и охране сортов растений» в соответствии с законами Республики Беларусь от 2 мая 2013 г. № 20-З «О семеноводстве» [4], от 13 апреля 1995 г. № 3725-ХП «О патентах на сорта растений» [5], от 9 января 2006 г. № 96 «О безопасности генно-инженерной деятельности» [6] и постановлениями Совета Министров Республики Беларусь от 5 сентября 2006 г. № 1135 «О некоторых вопросах государственного регулирования семеноводства и сортоиспытания» [7], от 12 сентября 2006 г. № 1195 «Об утверждении Положения о порядке государственной регистрации сортов генно-инженерных растений, пород генно-инженерных животных и штаммов непатогенных генно-инженерных микроорганизмов» [8], от 1 апреля 2010 г. № 492 «О некоторых вопросах сортоиспытания на патентоспособность» [9].

Сорт включается в государственный реестр сортов, если по результатам государственного испытания установлены отличимость, однородность и стабильность сорта сельскохозяйственного растения и показатели его хозяйственно ценных и биологических свойств превосходят показатели контрольного сорта [4]. В результате государственного испытания создается паспорт сорта, включающий существенные морфологические и хозяйственно полезные признаки.

Государственное испытание сортов по критериям ООС проводится с 1995 г., с момента вступления в силу Закона Республики Беларусь «О патентах на сорта растений» [5]. Результаты данного испытания являются также основой для выдачи патента. В Беларуси государственное испытание на ООС проводится на 6 участках патентной экспертизы сортоиспытательных станций.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Существует огромное количество сортов картофеля – около 5 тысяч. Только в EU Plant variety catalogue по состоянию на 2021 г. зарегистрировано 1 683 сорта картофеля, в государственном реестре селекционных достижений Российской Федерации – 481 сорт, в государственном реестре сортов Республики Беларусь – 184 сорта картофеля, в том числе 53 сорта национальной селекции [3].

С учетом разнообразия сортов системе сортоиспытания необходимо определить новый сорт, то есть отличимый от ранее заявляемых в других странах сортов, однороден по существенным морфологическим признакам и стабилен по годам. Для этого и проводится испытание сортов по критериям ООС.

Организация испытаний и методические подходы, используемые при государственном испытании сортов картофеля на ООС (далее – сортоиспытание картофеля на ООС), соответствуют базовым рекомендациям UPOV, изложенным в TG/1/3 «General

introduction to the examination of distinctness, uniformity and stability and the development of harmonized descriptions of new varieties of plants» [10], TGP/8/4 «Trial design and techniques used in the examination of distinctness, uniformity and stability» [11].

Полевые опыты по сортоиспытанию картофеля на ООС проводятся с 1995 г. согласно постановлению Кабинета Министров Республики Беларусь от 26 сентября 1995 г. № 526 «О мерах по реализации Закона Республики Беларусь «О патентах на сорта растений» [12] на ГСХУ «Молодечненская сортоиспытательная станция» и ГСХУ «Горечая сортоиспытательная станция». Так как картофель является стратегической культурой для нашей страны, сортоиспытание картофеля на ООС основывается только на полевых испытаниях растений в соответствии с постановлением Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь от 23 июня 2014 г. № 31 «Об установлении перечня родов и видов растений, сорта которых подлежат полевым или другим испытаниям, проводимым государственным учреждением «Государственная инспекция по испытанию и охране сортов растений» (далее – Инспекция) [13].

Данный вид испытания проводится по специализированной методике, единой для всех стран – участников UPOV, что облегчает международное сотрудничество в данном направлении. В UPOV разработан подробный свод общих принципов для проведения испытания на ООС и приняты методики испытания на ООС (Test Guidelines) согласно TGP/2 «List of test guidelines adopted by UPOV» [14]. Нормативные документы UPOV постоянно уточняются, количество поименованных признаков изменяется. Национальные методики сортоиспытания картофеля на ООС разрабатываются Инспекцией на основе соответствующих UPOV-методик. С 1995 г. сортоиспытание картофеля проводилось по национальной методике BY TG/23/5/1 от 05.07.1995 г. [15], разработанной специалистами Инспекции на основе UPOV-методики TG/23/5 от 21.11.1986 г.

Данная методика в системе UPOV была усовершенствована и принята всеми странами – членами UPOV для практического применения. В новой методике UPOV TG/23/6 от 31.03.2004 г. [16] конкретизированы группировочные признаки, увеличено количество обследуемых растений с 26 до 60 шт., количество определяемых признаков также изменено с 50 до 42 шт., определяемые признаки стали более комплексными, сопровождаются более детализированным описанием, схемами, рисунками, изменены и дополнены сорта-эталонны. Соответственно, специалистами Инспекции была также переработана, изменена национальная методика сортоиспытания картофеля на ООС BY TG/23/6 [17] и утверждена приказом Инспекции от 19.09.2013 г. № 90.

С 2020 г. в системе UPOV с участием специалистов Инспекции начата очередная оптимизация методики сортоиспытания картофеля на ООС. На рабочей группе UPOV по основным сельскохозяйственным культурам уже рассмотрена в первом чтении редакция TG/23/7/1 от 08.05.2020 г., предложенная ответственными экспертами немецкого Федерального ведомства по охране новых сортов растений «Bundessortenamt». Предлагается изменить количество определяемых признаков с 42 до 37 шт., удалить признаки, касаемые описания листочка, и добавить признак «гладкость поверхности клубня», также детализировать методы, способы наблюдений и т. д. При завершении редакций данной методики специалисты Инспекции будут учитывать соответствующие изменения в своей работе.

При сортоиспытании на ООС картофеля специалисты Инспекции в основном применяют прямое сравнение между двумя похожими сортами, поскольку прямое попарное сравнение – самое надежное. Минимальная продолжительность испытания включает два независимых полных вегетационных периода растений. При необходимости испытания продолжаются в третьем полном вегетационном периоде. Полевые опыты

ежегодно проводятся на одних и тех же двух сортоиспытательных станциях в одинаковых агроклиматических условиях. Сортоиспытание картофеля на ООС проводится в условиях, обеспечивающих нормальный рост и развитие растений для проявления характерных и отличительных признаков сорта. Каждое испытание включает 60 растений, разделенных на два повторения.

При проведении сортоиспытания картофеля на однородность специалисты сортоиспытательных станций руководствуются правилами, изложенными в TGP/10/2 «Examining uniformity» [18]. Сорт картофеля признается однородным, если его растения достаточно одинаковы по своим 42 основным сортовым признакам. Однородность сорта проверяется на делянках патентной экспертизы специалистами в течение всего вегетационного периода. Для оценки однородности применяется популяционный стандарт 1 % при доверительной вероятности 95 %, что соответствует 2 нетипичным растениям из 60 растений сорта. В случае размера образца из 6 растений максимальное число нетипичных 1. Нетипичные растения по данным 42 морфологическим признакам специалисты патентной экспертизы отмечают, фотографируют и уведомляют об этом селекционера. На этом испытание данной селекционной формы прекращается, так как она требует серьезной селекционной доработки и вторичного испытания по критериям ООС.

При проведении сортоиспытания картофеля на отличимость специалисты сортоиспытательных станций руководствуются правилами, изложенными в TGP/9/2 «Examining distinctness» [19]. Сорт картофеля считается отличимым, если он явно отличается от всех общеизвестных сортов данной культуры, причем сравнение проводится также по этим же 42 генетически закрепленным морфологическим признакам. Даже если отличие наблюдается по одному морфологическому признаку, сорт признается отличимым. Испытываемый сорт картофеля и похожие на него сорта высаживаются на смежных делянках. В опыте размещают и делянки сортов-эталонов.

Для сравнения новых сортов с уже существующими сортами специалистами Инспекции создана специализированная референтная коллекция общеизвестных сортов картофеля, включенных в государственные реестры нашей страны и стран – участников UPOV. Сравнение сортов на отличимость проводится не только в полевых условиях, но и по UPOV-описаниям сортов. В результате этой кропотливой работы определяется, заявлен ли новый сорт или сорт, уже зарегистрированный в реестре и имеющийся в производстве, но только под новым наименованием.

При проведении сортоиспытания картофеля на стабильность специалисты сортоиспытательных станций руководствуются правилами, изложенными в TGP/11/1 «Examining stability» [20]. Сорт картофеля считается стабильным, если его основные сортовые признаки остаются неизменными после неоднократного размножения. Стабильность сортов картофеля проверяется по одним и тем же 42 признакам в течение двух лет. В результате испытаний подтверждается стабильность наследования признаков сорта по годам.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Ежегодно в сортоиспытании картофеля на ООС находится 30–40 новых сортов национальной и иностранной селекции.

При испытании сортов у большинства характерных и отличительных признаков, используемых для оценки ООС, и степени их выраженности в методике ООС картофеля указаны сорта-эталоны. Специалистами Инспекции на протяжении многих лет была проделана кропотливая работа по выбору национальных сортов-эталонов помимо

сортов-эталонов, предложенных UPOV. В настоящее время данные сорта-эталоны активно внедрены в практику сортоиспытания картофеля. На основе многолетних данных утверждены следующие сорта-эталоны белорусской селекции: Маг, Фабула, Веснянка, Бриз, Уладар, Лазурит, Ласунок, Здабытак, Талисман, Нептун, Журавинка и др. Работа по выбору национальных сортов-эталонов проводится в соответствии с рекомендациями UPOV TGP/7/8 «Development of test guidelines» [21].

Из 42 существенных признаков, определяемых специалистами Инспекции при сортоиспытании картофеля на ООС, 11 признаков, то есть 26 % от определяемого объема, это признаки световых ростков. По рекомендации UPOV все наблюдения на световом ростке проводят на 6 клубнях. Для большей достоверности специалисты Инспекции проводят наблюдения на 10 клубнях. На ГСХУ «Молодечненская сортоиспытательная станция» и ГСХУ «Горецкая сортоиспытательная станция» созданы все необходимые технические условия для получения достоверных результатов при оценке признаков световых ростков. Специалисты Инспекции выращивают световые ростки картофеля в закрытом помещении при контролируемой комнатной температуре, при освещении светом маленьких ламп накаливания (6V AC/0.05 A), дающих интенсивность 5–10 люкс (примерно 8 ламп на м², 25–40 см от клубней). Спектральный состав и интенсивность светового источника – самый важный фактор для получения корректной выраженности признаков по световому ростку [22].

Инновацией в проведении сортоиспытания картофеля на ООС является создание и использование фотокаталогов основных идентификационных признаков сортов картофеля [23] для усиления методического сопровождения данного вида государственного сортоиспытания, позволяющего исключить субъективную оценку эксперта. Создание данных каталогов осуществлялось в рамках научно-исследовательской работы по белорусско-китайскому проекту СВ11-19 «Модернизация испытания на патентоспособность сортов картофеля, кукурузы посредством создания фотокаталогов основных идентификационных признаков» в 2015–2016 гг. Использование специалистами Инспекции в настоящее время данных фотокаталогов позволяет осуществлять сортоиспытания картофеля на ООС на более высоком методическом уровне, избегая субъективной оценки сорта специалистами, с наименьшими трудовыми и временными затратами и с получением достоверного результата, влияющего как на включение сорта в национальный реестр сортов, допущенных к использованию, так и в реестр охраняемых сортов. Данная работа также проводилась согласно рекомендациям UPOV, изложенным в TGP/7/8 секция 7 «Guidance for providing photographs» [21].

За трехгодичный период (2018–2020 гг.) сортоиспытания картофеля на ООС все испытываемые сорта соответствовали критериям ООС. В результате многолетних исследований были выявлены следующие тенденции: у сортов картофеля иностранной селекции признак № 37 «Клубень: форма» имеет очень сильную степень варьирования от 1 «округлая» индекса до 6 «сильно удлинённая», количество глазков небольшое от 1 до 3 шт., у сортов картофеля белорусской селекции признак № 38 «Клубень: глубина глазков» в основном стал идентифицироваться на индекс от 1 «очень мелкая» до 3 «мелкая».

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С целью оптимизации организации сортоиспытания картофеля на ООС созданы два участка патентной экспертизы на ГСХУ «Молодечненская сортоиспытательная станция» и ГСХУ «Горецкая сортоиспытательная станция», последовательно внедрены в практику испытания две национальные методики испытания на ООС, разработанные

на основе UPOV-методик, в рамках научно-исследовательской работы по белорусско-китайскому проекту СВ11-19 «Модернизация испытания на патентоспособность сортов картофеля, кукурузы посредством создания фотокаталогов основных идентификационных признаков» создан и активно внедрен в практику сортоиспытания картофеля на ООС фотокаталог основных идентификационных признаков картофеля, разработаны и утверждены национальные сорта-эталоны, создана национальная референтная коллекция общеизвестных сортов картофеля для обеспечения корректности определения критериев ООС.

Список литературы

1. Международная конвенция по охране новых сортов растений от 2 декабря 1961 г., пересмотренная в Женеве 10 ноября 1972 г., 23 октября 1978 г., 19 марта 1991 г. – Женеве : UPOV (Международный союз по охране новых сортов растений), 1997. – 26 с.
2. Бейня, В. А. Патентование сортов растений в Республике Беларусь: аналитический обзор / В. А. Бейня, Т. В. Семашко, Т. В. Савченко ; пер. М. Г. Солодухо / М-во сельского хоз-ва и прод. Респ. Беларусь, гос. учреждение «Государственная инспекция по испытанию и охране сортов растений». – Минск, 2019. – 48 с.
3. Государственный реестр сортов / М-во сельского хоз-ва и прод. Респ. Беларусь, гос. учреждение «Государственная инспекция по испытанию и охране сортов растений» ; сост.: Т. В. Семашко [и др.] ; под общ. ред. В. А. Бейня. – Минск, 2021. – 268 с.
4. О семеноводстве [Электронный ресурс] : Закон Респ. Беларусь, 2 мая 2013 г., № 20-3 // Пех / ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2021.
5. О патентах на сорта растений [Электронный ресурс] : Закон Респ. Беларусь, 13 апр. 1995 г., № 3725-ХП : в ред. от 18.12.2019 г. № 275-3 // Пех / ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2021.
6. О безопасности генно-инженерной деятельности [Электронный ресурс] : Закон Респ. Беларусь, 9 янв. 2006 г., № 96 // Пех / ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2021.
7. О некоторых вопросах государственного регулирования семеноводства и сортоиспытания [Электронный ресурс] : постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 5 сент. 2006 г., № 1135 // ЭТАЛОН. Законодательство Республики Беларусь / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2021.
8. Об утверждении Положения о порядке государственной регистрации сортов генно-инженерных растений, пород генно-инженерных животных и штаммов непатогенных генно-инженерных микроорганизмов [Электронный ресурс] : постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 12 сент. 2006 г., № 1195 // ЭТАЛОН. Законодательство Республики Беларусь / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2021.
9. О некоторых вопросах сортоиспытания на патентоспособность [Электронный ресурс] : постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 1 апр. 2010 г., № 492 // ЭТАЛОН. Законодательство Республики Беларусь / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2021.
10. TG/1/3 «General introduction to the examination of distinctness, uniformity and stability and the development of harmonized descriptions of new varieties of plants». – Geneva : UPOV (International Union for the protection of new varieties of plants), 2002. – 26 p.
11. TGP/8/4 «Trial design and techniques used in the examination of distinctness, uniformity and stability», 2019. – 128 с.

12. О мерах по реализации Закона Республики Беларусь «О патентах на сорта растений» [Электронный ресурс] : постановление Кабинета Министров Респ. Беларусь, 26 сент. 1995 г., № 526 // ЭТАЛОН. Законодательство Республики Беларусь / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2021.

13. Об установлении перечня родов и видов растений, сорта которых подлежат полевым или другим испытаниям, проводимым государственным учреждением «Государственная инспекция по испытанию и охране сортов растений» [Электронный ресурс] : постановление М-во сельского хоз-ва и прод. Респ. Беларусь, 23 июня 2014 г., № 31 // ЭТАЛОН. Законодательство Республики Беларусь / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2021.

14. TGP/2 «List of test guidelines adopted by UPOV». – Geneva : UPOV (International Union for the protection of new varieties of plants), 2014. – 12 p.

15. Методика по испытанию сортов растений на отличимость, однородность и стабильность / В. А. Бейня [и др.] ; под общ. ред. В. А. Бейня ; М-во сельского хоз-ва и прод. Респ. Беларусь, гос. учреждение «Государственная инспекция по испытанию и охране сортов растений». – Минск, 2004. – С. 186–206.

16. TG/23/6 «Guidelines for the conduct of tests for distinctness, homogeneity and stability for potato (*Solanum tuberosum* L.)». – Geneva : UPOV (International Union for the protection of new varieties of plants), 2004. – 35 p.

17. Методика проведения испытания сортов на отличимость, однородность и стабильность / В. А. Бейня [и др.] ; под общ. ред. В. А. Бейня ; М-во сельского хоз-ва и прод. Респ. Беларусь, гос. учреждение «Государственная инспекция по испытанию и охране сортов растений». – Минск, 2015. – С. 97–112.

18. TGP/10/2 «Examining uniformity» – Geneva : UPOV (International Union for the protection of new varieties of plants), 2019. – 14 p.

19. TGP/9/2 «Examining distinctness». – Geneva : UPOV (International Union for the protection of new varieties of plants), 2015. – 32 p.

20. TGP/11/1 «Examining stability». – Geneva : UPOV (International Union for the protection of new varieties of plants), 2011. – 5 p.

21. TGP/7/8 «Development of test guidelines». – Geneva : UPOV (International Union for the protection of new varieties of plants), 2020. – 79 p.

22. Houwing, A. 1986: Generation of lightsprouts suitable for potato variety identification by means of artificial light / A. Houwing, R. Suk, B. Ros. – Acta Hort 182. – P. 359–363.

23. Фотокаталог основных идентификационных признаков картофеля / В. А. Бейня [и др.] ; под общ. ред. В. А. Бейня ; М-во сельского хоз-ва и прод. Респ. Беларусь, гос. учреждение «Государственная инспекция по испытанию и охране сортов растений». – Минск, 2017. – 59 с.

Поступила в редакцию 10.09.2021 г.

V. A. BEINYA, T. V. SEMASHKO

DEVELOPMENT OF METHODOLOGICAL BASE FOR STATE TESTING OF POTATO VARIETIES (*SOLANUM TUBEROSUM* L.) FOR DISTINCTNESS, HOMOGENEITY AND STABILITY IN THE REPUBLIC OF BELARUS

SUMMARY

*The work analyzes the development of the state testing of potato varieties *Solanum tuberosum* L. for distinctness, homogeneity and stability (hereinafter – DHS) in the*

Republic of Belarus. In order to optimize the organization of state testing of potato varieties for DHS, two patent examination stations were created at SAO «Molodechno Variety Testing Station» and SAO «Gorki Variety Testing Station»; two national testing methods for DHS, developed on the basis of UPOV guidelines, were systematically introduced into practice; national reference varieties were introduced; to ensure the correct definition of DHS criteria, a photo catalogue of the main identification features of potatoes and a national reference collection of well-known varieties have been created.

Key words: state testing of varieties for DHS, potatoes, identification, collections, reference varieties, UPOV.

УДК 635.21:631.524.86:631.527.8

<https://doi.org/10.47612/0134-9740-2021-29-17-23>

**В. А. Козлов, Л. Н. Козлова, Е. И. Медведева, А. В. Чашинский,
Н. В. Русецкий, Т. В. Семанюк**

РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук

Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству»,

аг. Самохваловичи, Минский район

E-mail: wiko@mail.ru

ИЗУЧЕНИЕ ПЕРСПЕКТИВНОГО СЕЛЕКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА ПО БИОХИМИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ КЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ

РЕЗЮМЕ

Изучены сорта и гибриды картофеля по биохимическим показателям клубней: сухое вещество, редуцирующие сахара, суммарный белок, витамин С, нитраты. Дана оценка по признакам качества крахмала, а именно содержание амилозы и доля крупнозернистой фракции. Выделен ряд образцов с высокой биологической ценностью, а также обладающих комплексом признаков высокого качества крахмала.

Ключевые слова: картофель, сорт, гибрид, сухое вещество, редуцирующие сахара, суммарный белок, витамин С, нитраты, качество крахмала, амилоза.

ВВЕДЕНИЕ

Создание сортов с определенными биохимическими показателями является приоритетным направлением селекции картофеля, так как выход и качество продуктов переработки во многом зависит от качества исходного материала, которое обусловлено, прежде всего, содержанием в клубнях таких важнейших компонентов, как крахмал, редуцирующие сахара, сухое вещество, протеин, витамины, минеральные вещества.

Картофель незаменим как важнейший источник протеинов и углеводов, а содержащиеся в нем минеральные элементы и витамины являются особенно ценным компонентом в здоровом питании человека [6, 8]. Белки картофеля превосходят по своей ценности многие другие белки растительного происхождения, в том числе бобовых культур, благодаря высокому содержанию метионина и лизина. Картофельный белок имеет высокую пищевую ценность, так как содержит все аминокислоты, в том числе 8 незаменимых. Пищевая ценность картофельного белка составляет в среднем 85 % в сравнении с белком куриного яйца. В зависимости от сорта и условий выращивания содержание белка в клубнях колеблется от 0,8 до 1,7 % на сырую массу [1].

В клубнях большое количество макро- и микроэлементов, при ежедневном употреблении 200 г картофеля удовлетворяется потребность человека в калии на 30 % дневной нормы, магнии – 15–20, фосфоре – 17, меди – 15, железе – 14, марганце – 13, йоде – 6 и во фторе – 3 % [10].

Большое значение для человека имеет относительно высокое содержание витамина С (10–30 мг/100 г свежей массы) в клубнях картофеля. В организме человека аскорбиновая кислота поддерживает нормальное состояние сердечно-сосудистой системы, стабилизирует физиологические процессы, способствует улучшению холестеринового обмена. Кроме того, обладая достаточно высоким потенциалом содержания аскорбиновой

кислоты и особо ценных веществ – антиоксидантов (антоцианы, каротиноиды), картофель может играть важную роль в профилактике целого ряда заболеваний и в этом отношении является одним из ценнейших продуктов в здоровом, диетическом питании человека.

В настоящее время в мире существует тенденция увеличения доли картофеля, используемого на переработку, причем значительную часть этой переработки составляет производство крахмала [11], который является обязательным компонентом более 500 наименований продукции в различных отраслях промышленности. Поэтому для селекции технических (высококрахмалистых) сортов очень важно не только содержание крахмала, но и его качественные характеристики, к которым относятся размер крахмальных зерен, доля крупнозернистой фракции и содержание амилозы в крахмале. При наличии в крахмале большой доли мелкозернистой фракции (< 35 мк) потери в технологическом цикле крахмальных заводов возрастают, а от соотношения в крахмале амилозы и амилопектина зависит направление его использования.

Еще одним важным направлением в использовании картофеля является его переработка на различные картофелепродукты. Основным показателем, от которого зависит качество конечного продукта, является содержание редуцирующих сахаров в клубнях картофеля, высокое значение которых отрицательно влияет на их цвет и вкус.

Целью исследований являлось изучение 58 сортов и гибридов картофеля по биохимическим показателям клубней.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

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

Материалом для исследований послужили 58 сортообразцов, из них сорта, линии, межвидовые и соматические гибриды, созданные в отделе селекции и лаборатории генетики картофеля.

Полевые опыты проводили на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, подстилаемой лессовидным суглинком. Агрохимические показатели почвы опытных участков варьировали в следующих пределах: кислотность (в КС1) – от 3,6–5,4, подвижный фосфор – от 114 до 364 мг/кг, обменный калий – от 195 до 398 мг/кг, гумус – от 1,73 до 2,45 %.

В апреле отмечался неустойчивый температурный режим. Среднемесячная температура воздуха составила 6,7 °С. Апрель также характеризовался дефицитом осадков (12 мм) и занял четвертое место в ранжированном ряду наблюдений от самого засушливого к самому влажному. Самым засушливым остается апрель 2019 г. В мае преобладала холодная погода, средняя за месяц температура воздуха составила от +11 °С, что на 3,7 °С ниже климатической нормы. Последний раз такой холодный май в Беларуси был в 1999 г. Дожди выпадали часто и носили кратковременный характер, в конце месяца дожди были продолжительными, 12 мая утром и днем наблюдался мокрый снег. В целом за месяц суммарное количество осадков составило 48 мм (ниже месячной нормы). Недобор тепла в мае сдерживал развитие картофеля. В июне преобладала неустойчивая, теплая, временами жаркая погода. Среднемесячная температура воздуха составила +19,6 °С, что на 2,2 °С теплее обычного. Осадки в июне выпадали часто и носили ливневый характер, их суммарное количество – 86 мм (1 месячная норма). Июль характеризовался неустойчивым температурным режимом. Средняя за месяц температура воздуха составила +18,2 °С, что на 1,5 °С ниже климатической нормы. Дожди в июле были в основном кратковременными и отмечались чаще в первой и третьей декадах. В целом за месяц выпало 97 мм осадков (около месячной нормы).

РАЗДЕЛ 1. СЕЛЕКЦИЯ КАРТОФЕЛЯ

В августе преобладала теплая погода. Среднемесячная температура воздуха составила +18,5 °С, что является климатической нормой. Дожди в августе были преимущественно кратковременными, сумма осадков составила 65 мм (ниже месячной нормы). В сентябре преобладала теплая погода и наблюдался дефицит осадков. Средняя за месяц температура воздуха +14,9 °С, что на 1,6 °С выше климатической нормы. В сентябре дожди распределялись неравномерно, были в основном небольшими и кратковременными. Чаще всего осадки выпадали в первой декаде сентября, из-за этого наблюдался недобор. В целом за месяц выпало 28 мм (47 % месячной нормы).

Исследование клубней по биохимическим показателям и содержанию амилозы в крахмале проводили в лаборатории биохимической оценки картофеля. Содержание сухого вещества в клубнях определяли термостатно-весовым методом, сырого протеина – по Кьельдалю, витамина С – по Мурри, нитратов – ионоселективным методом [9], редуцирующих сахаров – с реактивом Самнера [6, 12], суммарного белка – с реактивом Оранж «Ж» [7]. Содержание амилозы определяли по методике, разработанной А. И. Ермаковым [7].

Измерения размера крахмальных зерен проводили микроскопическим методом [3, 4]. Метод основан на способности крахмальных зерен образовывать окрашенный комплекс с раствором йода.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

По комплексу биохимических показателей (сорта, линии, межвидовые и соматические гибриды) было оценено 52 сортообразца картофеля. Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Биохимические показатели сортообразцов картофеля, урожай 2020 г.

Образец	Сухое вещество, %	Редуцирующие сахара, %	Суммарный белок, %	Витамин С, мг %	Нитраты, мг/кг
295-15-6	29,3	0,14	0,93	10,3	71,8
52-10-10	31,0	0,13	1,12	10,6	71,8
52-10-5	33,0	0,14	1,15	14,8	57,1
14-07-4	33,9	0,38	1,18	12,9	227,3
14-07-7	31,7	0,27	1,06	11,6	19,9
166-13-7	33,1	0,20	1,09	11,0	31,9
209-08-7	34,5	0,34	0,98	8,4	62,5
15ху97-1	32,7	0,39	0,84	12,6	30,6
151-13-4	32,0	0,16	0,98	8,4	31,9
238у07-5	33,5	0,17	0,97	11,6	24,4
26-11-10	29,1	0,13	1,06	10,3	78,8
58ху98-7	31,0	0,25	0,95	11,6	31,9
Олександрит	28,0	0,15	0,88	9,8	40,3
89у06-2а	28,4	0,15	1,09	9,9	30,6
52-10-21	27,4	0,15	0,94	13,4	66,9
Зарево	31,0	0,22	1,15	11,0	19,5
Сигнум	33,8	0,12	1,18	12,8	35,0
Синтез	30,4	0,14	1,12	11,0	31,9
32ху05-15	26,3	0,25	0,99	10,6	34,6
Альбатрос	29,7	0,13	1,14	12,9	88,6
115-11-3лб	28,9	0,20	1,16	12,3	45,2
50-16-10	26,0	0,20	1,05	13,0	40,3
Куба	24,6	0,18	0,98	14,1	40,3

РАЗДЕЛ 1. СЕЛЕКЦИЯ КАРТОФЕЛЯ

Окончание таблицы 1

Образец	Сухое вещество, %	Редуцирующие сахара, %	Суммарный белок, %	Витамин С, мг %	Нитраты, мг/кг
72-16-9	28,6	0,12	1,08	11,8	47,4
Здабытак	28,5	0,43	1,10	10,8	35,0
Тукан	26,0	0,11	1,08	14,8	47,4
72-16-12	26,5	0,18	1,25	14,8	47,4
109-09-1л2	29,1	0,12	1,12	12,9	40,3
Лазарь	27,3	0,19	1,17	12,3	164,8
Максимум	30,7	0,34	1,14	11,5	32,8
Кураж	26,9	0,26	1,12	11,4	92,6
63-17-1	25,4	0,09	1,02	11,1	157,3
134-10-5л4	27,5	0,13	1,09	13,3	45,2
Лад	23,4	0,44	0,99	9,4	55,8
61-16-5	26,2	0,15	1,16	14,8	35,0
133-08-1л2	27,7	0,25	1,20	12,1	63,8
56-16-25	28,4	0,21	1,18	13,5	61,1
Крок	27,8	0,24	1,07	11,3	31,4
201114-8	28,8	0,22	1,05	12,3	78,8
16П 15-5	31,8	0,19	0,98	9,6	68,7
16Б 03-17	26,9	0,28	0,77	14,2	32,8
16Б 08-4	28,3	0,09	1,00	11,7	47,4
0150-6	25,1	0,53	1,04	11,3	52,3
217.235-6	27,9	0,14	0,96	10,2	41,2
217.247-1	27,2	0,18	1,11	11,5	20,4
217.43-6	27,5	0,09	1,03	12,3	88,6
217.25-2	27,6	0,20	1,09	12,7	29,2
13/8-1	26,5	0,31	1,00	12,0	22,6
217.200-2	27,2	0,19	1,06	8,8	47,4
217.197-2	29,0	0,18	1,06	12,7	313,6
0213.230-5	28,2	0,13	1,05	10,6	133,8
209.23-27	25,2	0,27	0,88	11,0	18,2

Содержание сухих веществ в клубнях изученных образцов картофеля было достаточно высоким и изменялось от 23,4 (Лад) до 34,5 % (209-08-7). Среднее количество сухих веществ отмечено у сорта Лад; выше среднего – 50-16-10, Куба, Тукан, 63-17-1, 0150-6, 209.23-27; относительно высокое – Олександрит, 52-10-21, 32ху05-15, 72-16-12, Лазарь, Кураж, 134-10-5л4, 61-16-5, 133-08-1л2, Крок, 16Б03-17, 217.235-6, 217.247-1, 217.43-6, 217.25-2, 13/8-1, 217.200-2; высокое – 295-15-6, 26-11-10, 89у06-2а, Альбатрос, 115-11-3лб, 72-16-9, Здабытак, 109-09-1л2, 56-16-25, 201114-8, 16Б08-4, 217.197-2, 0213.230-5; очень высокое – 52-10-10, 52-10-5, 14-07-4, 14-07-7, 166-13-7, 209-08-7, 15ху97-1, 151-13-4, 238у07-5, 58ху98-7, Зарево, Сигнум, Синтез, Максимум, 16П15-5.

Очень низким содержанием редуцирующих сахаров (менее 0,25 %) характеризуется 40 образцов. Редуцирующие сахара на уровне 0,31–0,53 % имели 12 форм.

Количество суммарного белка изменялось от 0,77 (16Б03-17) до 1,25 % (72-16-12). Низкое значение показателя у образцов 15ху97-1, Олександрит, 16Б03-17, 209.23-27; среднее – 295-15-6, 14-07-7, 166-13-7, 209-08-7, 151-13-4, 23807-5, 26-11-10, 58ху98-7, 89у06-2а, 52-10-21, 32ху05-15, 50-16-10, Куба, 72-16-9, Здабытак, Тукан, 63-17-1, Лад, Крок, 201114-8, 16П15-5, 16Б08-4, 0150-6, 217.235-6, 217.43-6, 217.25-2, 13/8-1, 21/200-2, 217.197-2, 0213.230-5; высокое – 52-10-10, 52-10-5, 14-07-4, Зарево, Сигнум, Синтез, Альбатрос, 115-11-3лб, 72-16-12, 109-09-1л2, Лазарь, Максимум, Кураж, 134-10-5л4, 61-16-5, 133-08-1л2, 56-16-25, 217.247-1.

РАЗДЕЛ 1. СЕЛЕКЦИЯ КАРТОФЕЛЯ

Содержание витамина С у изученных сортов и межвидовых гибридов варьировало от 8,4 до 14,8 мг%. Определение проводили в марте, а, как известно, количество витаминов в клубнях картофеля при хранении уменьшается. Высокое содержание витамина С для данного периода определения отмечено у сорта Тукан (14,8 мг %), гибридов 52-10-5 (14,8), 72-16-12 (14,8) и 61-10-5 (14,8 мг %).

Содержание нитратов у всех изученных гибридов не превысило пороговый уровень допустимой концентрации в 250 мг/кг продукта. Исключением стал только гибрид 217.197-2, у которого данный показатель составил 313,6 мг/кг.

Показатели качества крахмала у 58 сортообразцов картофеля представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Показатели качества крахмала у сортов, гибридов и линий картофеля

Образец	Средний размер крахмальных зерен, мк	Доля крупнозернистой фракции (более 35 мк), %	Количество амилозы, %
295-15-6	51,7	57,4	28,3
52-10-10	58,7	58,8	28,2
52-10-5	51,7	47,6	27,9
14-07-4	48,4	57,2	27,0
14-07-7	42,6	49,2	27,2
166-13-7	44,4	44,2	28,3
209-08-7	57,0	56,2	28,7
15ху97-1	52,2	57,2	28,1
151-13-4	46,5	44,0	28,3
238у07-5	49,7	53,2	25,4
26-11-10	49,0	54,2	28,2
58ху98-7	54,5	57,8	27,5
Олександрит	39,1	48,5	26,9
89у06-2а	54,9	60,4	23,4
52-10-21	49,7	51,0	25,6
Зарево	45,2	48,8	34,9
Сигнум	47,9	50,6	29,6
Синтез	45,5	52,6	28,2
32ху05-15	34,1	28,4	25,3
Альбатрос	38,9	35,8	27,8
115-11-3лб	54,2	55,8	28,5
50-16-10	54,5	27,9	21,6
Куба	46,1	50,6	26,2
72-16-9	46,2	44,4	26,4
Здабытак	67,9	67,0	27,8
Тукал	52,8	59,0	27,9
72-16-12	60,5	64,8	27,0
109-09-1л2	51,7	52,8	29,5
Лазарь	51,6	64,6	27,3
Максимум	42,7	55,0	28,5
Кураж	57,3	64,6	27,2
63-17-1	60,3	59,6	28,5
134-10-5л4	49,7	54,8	29,7
Лад	27,9	24,8	27,5
61-16-5	42,0	48,0	26,8
133-08-1л2	49,3	50,2	27,6

РАЗДЕЛ 1. СЕЛЕКЦИЯ КАРТОФЕЛЯ

Окончание таблицы 2

Образец	Средний размер крахмальных зерен, мк	Доля крупнозернистой фракции (более 35 мк), %	Количество амилозы, %
56-16-25	46,6	46,8	25,6
Крок	48,8	52,8	28,7
201114-8	46,7	45,4	26,7
16П15-5	46,9	50,4	30,1
16Б03-17	54,2	60,8	30,1
16Б08-4	42,9	46,8	29,9
0150-6	53,9	50,8	30,0
217.235-6	57,9	63,0	27,6
217.247-1	55,1	60,0	25,8
217.43-6	36,0	35,6	26,4
217.25-2	50,2	51,2	25,5
13/8-1	56,3	55,8	27,1
217.200-2	50,6	53,2	26,1
217.197-2	50,5	59,2	25,0
0213.230-5	49,2	51,4	25,8
209.23-27	53,7	60,6	25,9
214.32-12-6	63,0	47,2	29,2
215.274-20	52,1	60,8	27,3
206.180-2	48,4	52,8	26,9
12/69-6	52,5	60,0	24,8
201.161-11	38,0	35,0	30,8
13/35-9a	40,5	34,0	28,9

Средний размер крахмальных зерен изменялся от 27,9 (Лад) до 67,9 мк (Здабытак). Самая большая доля крупнозернистой фракции (более 35 мк) отмечена у сорта Здабытак (67,0 %). С высокой долей крупнозернистой фракции (60,0–66,9 %) выделено 8 гибридов. Средним значением крупнозернистой фракции (50–60 %) характеризовались 30 образцов, 20 – имели показатели ниже среднего (менее 50 %).

Очень высоким содержанием амилозы (более 30 %) характеризуются гибриды 16П15-5, 16Б03-17, 201.161-11 и сорт Зарево. Высокие показатели (25–30 %) имеют 50 образцов, 4 формы характеризовались средним (менее 25 %) содержанием амилозы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате работы проведена оценка по биохимическим показателям клубней.

Выделен ряд форм, обладающих комплексом признаков, которые могут стать исходным материалом для дальнейшей селекционной работы:

– Зарево, Сигнум, Синтез, Максимум, 52-10-10, 52-10-5, 14-07-4, 14-07-7, 166-13-7, 15ху97-1, 151-13-4, 238у07-5, 58ху98-7, 16П15-5 с очень высоким содержанием сухих веществ;

– 40 образцов с очень низким содержанием редуцирующих сахаров;

– Тукан, 52-10-5, 72-16-12, 61-10-5 с относительно высоким содержанием витамина С;

– 16П15-5, 16Б03-17, 201.161-11 и сорт Зарево с очень высоким содержанием амилозы;

– 8 гибридов с высокой долей крупнозернистой фракции крахмала.

Список литературы

1. Бульба белорусская. Энциклопедия / А. О. Бобрик [и др.]; под общ. ред. И. И. Колядко. – Минск, 2008. – 382 с.

2. Бычков, Д. А. Исходный материал для селекции картофеля на повышенное содержание крахмала / Д. А. Бычков // Генетические ресурсы культурных растений : материалы Междунар. науч.-практ. конф. : тез. докл. / ВНИИ растениеводства им. Н. И. Вавилова. – СПб., 2001. – С. 230–231.
3. Бычков, Д. А. Исходный материал для селекции картофеля на повышенное содержание крахмала [Оценка донорских свойств коллекции сортов ВИРа по методу много-ступенчатого скрининга (Россия)] / Д. А. Бычков // Материалы Междунар. юбилейной науч.-практ. конф., посвящ. 75-летию Ин-та картофелеводства Нац. акад. наук Беларуси / Ин-т картофелеводства НАН Беларуси. – Минск, 2003. – Ч. 1. – С. 257–261.
4. Ермолаев, Е. Методы оценки картофеля в современной селекции / Е. Ермолаев. – М., 1959. – С. 124–127.
5. Колядко, И. И. Повышение эффективности промышленной переработки картофеля / И. И. Колядко, Г. И. Пискун, Л. Н. Козлова // Беларус. сельское хоз-во. – 2008. – № 4 (72). – 12 с.
6. Методические рекомендации по специализированной оценке сортов картофеля / С. А. Банадысев [и др.]. – Минск, 2003. – 70 с.
7. Методы биохимического исследования растений / В. В. Арасимович [и др.]; под ред. А. И. Ермакова. – М., 1959. – 168 с.
8. Переработка картофеля – стратегический путь развития картофелеводства России / Е. А. Симаков [и др.]; под общ. ред. В. И. Старовойтова. – М., 2006. – 153 с.
9. Практикум по агрохимии / Б. А. Ягодин [и др.]; под ред. Б. А. Ягодина. – М. : Агропромиздат, 1987. – 512 с.
10. Товарные и потребительские качества, пищевая ценность и дегустационные характеристики столовых сортов картофеля / А. Э. Шабанов [и др.] // Современная индустрия картофеля: состояние и перспективы развития : материалы IV Междунар. науч.-практ. конф. – Чебоксары, 2014. – С. 84–89.
11. Шпаар, Д. Картофель (Возделывание, уборка, хранение) / Д. Шпаар, А. Быкин, Д. Дрегер; под ред. Д. Шпаара. – Торжок : ООО «Вариант», 2004. – 466 с.
12. Luchhisinger, W. W. Reducing power by the dinitrosallycyl acid method / W. W. Luchhisinger, B. A. Corneski // Anal. Bbiochem. – 1962. – P. 346.

Поступила в редакцию 27.10.2021 г.

V. A. KOZLOV, L. N. KOZLOVA, E. I. MEDVEDEVA,
A. V. CHASHINSKIY, N. V. RUSETSKIY, T. V. SEMANYUK

STUDY OF PROMISING SELECTIVE BREEDING MATERIAL BASED ON THE BIOCHEMICAL INDICATORS OF POTATO TUBERS

SUMMARY

Potato varieties and hybrids were studied by the biochemical indicators of tubers: dry matter, reducing sugars, total protein, Vitamin C, nitrates. An assessment is given by the indicators of starch quality, namely, the amylose content and the proportion of the coarse fraction. A number of samples with high biological value, as well as with indicators of high-quality starch, has been identified.

Key words: potatoes, variety, hybrid, dry matter, reducing sugars, total protein, Vitamin C, nitrates, starch quality, amylose.

УДК 635.21:631.526.325

<https://doi.org/10.47612/0134-9740-2021-29-24-29>

Л. Н. Козлова, О. Б. Незаконова, Е. А. Рядинская
РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук
Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству»,
аг. Самохваловичи, Минский район
E-mail: l-kozlova@tut.by

ПОТРЕБИТЕЛЬСКИЕ КАЧЕСТВА НОВЫХ СОРТОВ КАРТОФЕЛЯ БЕЛОРУССКОЙ СЕЛЕКЦИИ

РЕЗЮМЕ

Изучены потребительские качества: характер поверхности, форма клубней, количество и глубина заложения глазков, количество отходов при механической очистке и ручной доочистке, устойчивость к потемнению мякоти до и после варки клубней сортов картофеля Юлия, Десятка, Мاستак, Водар, Гарантия, Баярскі, Сапфир. В ходе исследований установлена зависимость этих показателей от сорта, погодных условий, гранулометрического состава почвы.

Ключевые слова: картофель, сорт, характер поверхности клубня, индекс формы, количество глазков, глубина заложения глазков, отходы при очистке, потемнение мякоти.

ВВЕДЕНИЕ

Покупатели свежего картофеля заинтересованы в хороших столовых сортах с привлекательной формой клубней, неглубокими глазками и не темнеющей после варки мякотью. Равномерность роста клубней в трех измерениях, особенно в длину, определяет их форму. Форма клубней играет существенную роль при их механизированной очистке, влияет на количество отходов и выход продуктов. Различают следующие формы клубней картофеля: округлая, округло-овальная, овальная, длинно-овальная и длинная. В одном гнезде форма клубней довольно разнообразна, но лишь в пределах основных «соседних» форм, свойственных данному генотипу. У сорта с круглыми клубнями удлиненных клубней, как правило, не бывает. Однако установлено, что индекс формы может значительно варьировать в зависимости от условий увлажнения в период вегетации. При недостаточном увлажнении клубни у сортов, имеющих округло-овальную – длинную форму, будут иметь меньший индекс, чем в годы с нормальным увлажнением [1, 2].

У клубней картофеля бывают поверхностные (мелкие), среднеглубокие и глубокие глазки. У сортов с круглыми клубнями число глазков, как правило, 6–8, у сортов с удлиненной формой клубней – до 12–15 [3, 4]. Глубина залегания глазков в известных пределах – усредненный показатель характеристики сорта. Она непостоянна в клубнях одного гнезда и даже на одном клубне [5].

При очистке клубней различных сортов картофеля, особенно машинным способом, получается неодинаковое количество отходов. В среднем потери при ручной очистке клубней массой 40 г составляют 17 %, клубней 80 г – 12 и 16 г – 9 %, при механизированной – 23, 18 и 16 %, соответственно [6]. Величина отходов при очистке зависит также от формы клубня, количества и глубины залегания глазков [5, 7, 8].

Одним из важнейших показателей высокого потребительского качества клубней является сохранение характерного для сорта цвета мякоти независимо от вида

кулинарной обработки. Появление темного оттенка снижает качество приготовленного блюда. С биохимической точки зрения различают ферментативное и неферментативное потемнение мякоти. Первое вызывается разрушением клеток и ферментативным окислением полифенолов. Оно может происходить еще в сырых клубнях в том случае, если между очисткой клубней и кулинарной обработкой проходит время, достаточное для развития ферментативного процесса. Второе развивается в период кулинарной обработки и связано с взаимодействием железа и хлорогеновой кислоты.

Именно морфологические и технологические показатели определяют потребительские качества столового картофеля и возможность его использования для приготовления различных блюд и обуславливают популярность конкретных сортов и спрос на них на внутреннем рынке продовольственного картофеля.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Материалом для исследований служили клубни сортов картофеля питомника конкурсного испытания 2–4 года: Юлия (ранняя группа спелости), Десятка, Мاستак (среднеранняя); Водар, Гарантия, Баярскі (среднепоздняя); Сапфир (среднепоздняя группа спелости).

Исследования проводили в лаборатории биохимической оценки картофеля РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству» в 2017–2020 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), Витебском зональном институте сельского хозяйства (Витебская 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.

Индекс клубней и глубину залегания глазков определяли путем замера штангенциркулем; характер поверхности визуально; подсчитывали количество глазков на клубне; отходы при механической очистке определяли по разнице взвешивания вымытых и подсушенных клубней до очистки и после нее; устойчивость мякоти к потемнению до и после варки визуально [9].

Экспериментальные данные обработаны на ПЭВМ с использованием ряда пакетов специализированных прикладных программ (AB-Stat V – 1,1, Microsoft Excel) [10–12].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Изучены морфологические показатели 7 новых сортов картофеля (табл. 1). Общий объем исследований составил 112 образцов.

Оценка клубней по характеру поверхности изменялась от 5 до 10 баллов. Наиболее выровненную без наростов, углублений и трещин поверхность имели клубни сортов Десятка, Водар, Мاستак. Установлена средняя вариабельность этого показателя в зависимости от сорта, погодных условий, гранулометрического состава почвы.

Для клубней сортов Юлия, Сапфир, Водар характерна округло-овальная форма, Мастак, Десятка, Гарантия, Баярскі – овальная. У сортов Юлия, Мастак, Десятка,

РАЗДЕЛ 1. СЕЛЕКЦИЯ КАРТОФЕЛЯ

Таблица 1 – Морфологические показатели клубней различных сортов картофеля

Сорт	Статистические показатели	Характер поверхности, балл	Индекс формы	Количество глазков, шт.	Глубина залегания глазков, мм
Юлия	lim	6–8	1,00–1,44	5–10	0,90–1,70
	\bar{x}	7,2	1,12	8	1,08
	V, %	7,9	9,5	17,4	16,5
Десятка	lim	5–10	1,20–2,00	7–10	1,00–1,30
	\bar{x}	8,0	1,39	8	1,02
	V, %	15,0	12,9	9,9	7,1
Мастак	lim	5–9	1,10–1,80	6–10	1,00–1,10
	\bar{x}	7,9	1,43	8	1,03
	V, %	12,5	13,9	14,0	4,5
Водар	lim	5–9	0,90–2,20	6–12	1,00–1,55
	\bar{x}	8,0	1,29	8	1,14
	V, %	18,0	20,7	16,8	14,0
Гарантия	lim	5–9	1,29–1,70	5–9	1,00–1,10
	\bar{x}	7,6	1,46	7	1,04
	V, %	14,0	7,9	16,4	4,6
Баярскі	lim	3–9	1,02–3,30	6–11	1,00–1,47
	\bar{x}	7,0	1,43	8	1,13
	V, %	19,6	39,7	14,5	10,7
Сапфир	lim	5–7	1,05–1,44	9–10	1,21–1,56
	\bar{x}	6,0	1,16	9	1,43
	V, %	14,3	10,6	3,9	8,0

Примечание. lim – пределы варьирования показателя; \bar{x} – среднее значение показателя; V – коэффициент вариальности.

Гарантия, Сапфир этот показатель в большей степени зависит от сортовых особенностей (коэффициент вариальности 7,9–13,9 %). На форму клубней сортов Баярскі и Водар кроме сортовых особенностей оказывают существенное влияние погодные и агротехнические условия выращивания (коэффициент вариальности 20,7–39,7 %). Полученные нами данные согласуются с исследованиями, в которых установлено, что форма клубней в большей степени определяется сортовыми особенностями, затем погодными условиями и удобрениями [13, 14].

Количество глазков на клубнях изменялось от 5 до 12 шт. Для сортов Десятка и Сапфир это сортовой признак. У сортов Юлия, Мастак, Гарантия, Водар, Баярскі на количество глазков влияют погодные и агротехнические условия выращивания.

Мелкие глазки у сортов Юлия, Десятка, Мастак, Гарантия, Водар, Баярскі; средние – у Сапфира. Для сортов Мастак, Десятка, Гарантия, Сапфир, Баярскі это сортовой признак, у Водара на глубину залегания глазков влияют погодные и агротехнические условия выращивания. Полученные нами данные согласуются с данными других исследователей, что глубина глазков зависит от сорта, влияние других факторов на этот показатель незначительно [13, 14].

Изучены технологические показатели клубней картофеля: количество отходов при механической очистке клубней и ручной доочистке, потемнение мякоти до (неферментативное) и после варки (ферментативное) (табл. 2).

РАЗДЕЛ 1. СЕЛЕКЦИЯ КАРТОФЕЛЯ

Таблица 2 – Технологические показатели клубней различных сортов картофеля

Сорт	Статистические показатели	Количество отходов при очистке, %	Потемнение мякоти клубней, балл	
			ферментативное	неферментативное
Юлия	lim	3,9–13,6	2,0–7,0	5,0–8,5
	\bar{x}	7,7	4,8	7,3
	V, %	40,4	31,6	11,2
Десятка	lim	2,7–18,4	2,0–8,0	5,5–8,0
	\bar{x}	6,6	4,7	6,8
	V, %	62,8	36,0	11,1
Мастак	lim	2,7–8,6	2,0–7,0	4,5–8,0
	\bar{x}	5,0	5,1	6,6
	V, %	34,8	26,4	12,9
Водар	lim	2,3–8,5	4,0–8,0	5,0–8,5
	\bar{x}	5,3	6,3	7,0
	V, %	30,8	16,9	14,1
Гарантия	lim	3,7–13,6	2,0–7,0	5,5–8,0
	\bar{x}	8,3	5,4	6,7
	V, %	32,3	27,5	11,1
Баярскі	lim	2,5–12,5	1,0–8,0	4,5–8,5
	\bar{x}	7,0	5,0	6,8
	V, %	37,5	35,9	14,4
Сапфир	lim	5,5–14,4	3,0–7,0	6,0–8,0
	\bar{x}	10,4	5,7	7,2
	V, %	34,1	22,4	9,6

Количество отходов при очистке клубней изменялось от 2,3 до 18,4 % и сильно зависело от условий выращивания (коэффициент вариальности 30,8–62,8 %). Видимо, оно проявляется косвенно, через изменение морфологических признаков клубней.

Балл по неферментативному потемнению мякоти изменялся от 4,5 до 8,5; ферментативному – 1,0–8,0. Изученные сорта более устойчивы к потемнению сырых клубней. Потемнение мякоти зависело от сортовых особенностей, места выращивания, погодных условий. Коэффициент вариальности 9,6–35,9 %.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании проведенных исследований установлено следующее.

У клубней сорта картофеля Юлия гладкая поверхность, округло-овальная форма, 5–10 мелких глазков, слабо темнеющая в сыром виде мякоть. Количество отходов при очистке с изменением условий выращивания варьируется от 3,9 до 13,6 %.

Для клубней сорта картофеля Десятка характерна гладкая поверхность, овальная форма, 7–10 очень мелких глазков, слабо темнеющая в сыром виде мякоть. Количество отходов при очистке с изменением условий выращивания составило от 2,7 до 18,4 %.

Сорт картофеля Мастак имеет овальной формы клубни с гладкой поверхностью, 6–10-ю очень мелкими глазками, более устойчив к неферментативному потемнению мякоти. Количество отходов при очистке с изменением условий выращивания – от 2,7 до 8,6 %.

Картофель сорта Водар характеризуется округло-овальными клубнями с гладкой поверхностью, 6–11-ю мелкими глазками, устойчив к обоим типам потемнения мякоти.

Количество отходов при очистке с изменением условий выращивания варьируется от 2,3 до 8,5 %.

Клубни сорта Гарантия имеют овальную форму, гладкую поверхность, 5–9 очень мелких глазков, более устойчивы к неферментативному потемнению мякоти. Количество отходов при очистке с изменением условий выращивания – от 3,7 до 13,6 %.

Овальная форма, гладкая поверхность клубней, 6–11 мелких глазков характеризуют сорт картофеля Баярскі. Количество отходов при очистке с изменением условий выращивания изменяется от 2,5 до 12,5 %, более устойчив к неферментативному потемнению мякоти.

Сорт картофеля Сапфир имеет округло-овальные клубни с гладкой поверхностью, 9–10-ю глазками, устойчив к потемнению в сыром виде. Количество отходов при очистке с изменением условий выращивания – от 5,5 до 14,4 %.

Установлена средняя вариабельность характера поверхности клубней и устойчивости к потемнению мякоти в зависимости от сорта, погодных условий, гранулометрического состава почвы. На форму клубней, количество и глубину заложения глазков кроме сортовых особенностей существенное влияние оказывают погодные и агротехнические условия выращивания. Количество отходов при очистке клубней сильно зависит от условий выращивания, проявляясь через изменение морфологических признаков клубней.

Список литературы

1. Веселовский, И. А. Значение биохимических и анатомических показателей клубней и крахмала для определения их качества / И. А. Веселовский, Р. А. Черноусова, М. И. Бохонова // Записки ЛСХИ. – 1974. – Т. 238. – С. 3–10.
2. Жоровин, Н. А. Потребительские качества картофеля / Н. А. Жоровин. – Минск : ГИСХЛБ, 1963. – 144 с.
3. Картофель: селекция, семеноводство, технология возделывания / П. И. Альсмик [и др.]. – Минск : Ураджай, 1988. – 304 с.
4. Кильчевский, А. В. Генотип и среда в селекции растений / А. В. Кильчевский, Л. В. Хотылева. – Минск : Наука и техника, 1989. – 191 с.
5. Козлова, Л. Н. Влияние сорта и условий выращивания на показатели качества клубней картофеля и пригодность их к переработке / Л. Н. Козлова // Материалы науч.-практ. конф. молодых ученых / Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т картофелеводства НАН Беларуси. – Минск, 2004. – С. 131–135.
6. Алексеев, Ю. А. Качество растениеводческой продукции / Ю. А. Алексеев. – Л. : Колос, 1978. – 256 с.
7. Андриюшина, Н. А. Агротехнические требования к картофелю, используемому на переработку / Н. А. Андриюшина, А. А. Жемойц, Ю. В. Клюквина. – М., 1974. – 28 с.
8. Гончаров, Н. Д. К оценке пригодности сортов и сеянцев картофеля для промышленной переработке / Н. Д. Гончаров, Н. С. Кожушко, И. В. Кравченко // Науч. тр. НИИКХ. – 1980. – Вып. 37. – С. 58–64.
9. Методические рекомендации по специализированной оценке сортов картофеля / С. А. Банадысев [и др.]. – Минск, 2003. – 70 с.
10. Методические указания по технологии селекционного процесса картофеля. – М. : НИИКХ РСФСР, 1978. – 19 с.
11. Методические указания по технологии селекционного процесса картофеля / Е. А. Симаков [и др.] ; Рос. акад. с.-х. наук, Всерос. НИИ картоф. хоз-ва им. А. Г. Лорха. – М. : ВНИИКХ, 2006. – 68 с.

12. Рокицкий, П. Ф. Биологическая статистика / П. Ф. Рокицкий. – Минск : Выш. шк., 1973. – С. 246–248.

13. 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.

14. Stricker, H. W. Qualitäts und Sortenfragen bei der Kartoffel als Rohstoff in der Kartoffelverarbeitenden industrie / H. W. Stricker // Der Kartoffelbau. – 1983. – № 34. – P. 2.

Поступила в редакцию 26.10.2021 г.

L. N. KOZLOVA, O. B. NEZAKONOVA, E. A. RYADINSKAYA

CONSUMER PROPERTIES OF NEW POTATO VARIETIES OF BELARUSIAN SELECTIVE BREEDING

SUMMARY

Consumer properties were studied: the type of surface, the shape of tubers, the number and depth of buds, the amount of waste during mechanical cleaning and manual post-cleaning, the resistance to darkening of the pulp before and after cooking the tubers of varieties of Yuliya, Desyatka, Mastak, Vodar, Garantiya, Bayarsky, Sapfir. During the research, the dependence of these indicators on the variety, weather conditions, and the granulometric composition of the soil was identified.

Key words: potatoes, variety, tuber surface type, shape index, number of buds, depth of buds, waste during cleaning, darkening of the pulp.

УДК 631.21:631.526.52

<https://doi.org/10.47612/0134-9740-2021-29-30-37>**Н. С. Кожушко¹, Н. Н. Сахошко², Д. В. Смилык¹**¹ Сумский национальный аграрный университет, г. Сумы, Украина² Сумский филиал Украинского института экспертизы сортов растений, г. Сумы, Украина

E-mail: n.kojushko@gmail.com; sumy.dc@gmail.com; dssmilyk@gmail.com

**СЕЛЕКЦИЯ КАРТОФЕЛЯ НА ПРИГОДНОСТЬ
К ПРОМЫШЛЕННОЙ ПЕРЕРАБОТКЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА
ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ****РЕЗЮМЕ**

В Институте проблем картофелеводства Сумского национального аграрного университета при использовании в качестве исходных форм собственных сортов картофеля создано и выделено 23 перспективных гибрида по основным хозяйственно ценным признакам (урожайность – до 50 т/га, содержание крахмала – 22 %, выход крахмала – до 8–10 т/га). При технологической оценке качества сырья наиболее пригодными к промышленной переработке на картофелепродукты оказались 35 % гибридов ранней и среднеранней группы созревания с высоким (28–30 %) содержанием сухого вещества и низким (0,2–0,4 %) содержанием редуцирующих сахаров. Потенциально максимальный выход производства сушеного картофеля составил до 27,7 кг из 100 кг сырья, хрустящего – до 44,4 кг, что выше условного стандарта практически на 20 и 10 % соответственно. Обеспечение перерабатывающей промышленностью в ранние сроки качественным сырьем – один из факторов повышения эффективности работы предприятий и разгрузки их в наиболее напряженный осенний период.

Ключевые слова: селекция, картофель, гибриды, технологическая оценка, промышленная переработка, пищевые продукты, эффективность производства.

ВВЕДЕНИЕ

Современная мировая наука отводит ключевую роль картофелю в обеспечении глобальной продовольственной безопасности в будущем. Украина по валовому сбору картофеля (20 млн т) входит в первую четверку крупнейших производителей в мире после Китая, Индии и России. Однако по объему производства картофелепродуктов занимает только 50-е место [1]. Согласно статистическим данным, в Украине на продовольственные цели расходуется около 40 % внутреннего потребления картофеля, на переработку – лишь 0,3 % [2]. При значительном государственном сортовом потенциале ежегодный объем сырья может достигать 130–150 тыс. т [3]. Мировой и отечественной наукой и практикой доказано, что сырьевая база должна быть соответствующего качества и обеспечивать высокий выход конечной продукции, что в первую очередь зависит от сорта [4].

Целенаправленную селекцию картофеля на пригодность к промышленной переработке для производства пищевых продуктов проводит Институт проблем картофелеводства Сумского национального аграрного университета. Современный государственный сортовой фонд картофеля на 90 % состоит из сортов столового направления, пригодных к промышленной переработке – лишь 6 % [5]. К перечню последних

относятся и сорта сумской селекции. Использование собственных сортов картофеля в качестве исходного материала дало возможность создать новый селекционный материал и обусловило направление данных исследований.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Работа проводилась в течение 2019–2021 гг. Исходными формами для создания нового селекционного материала послужили 9 сортов картофеля: Аграрный, Альтанка, Аспирантский, Гончаровский, Плюшка, Псельской, Селянский, Слобожанка-2, Смуглянка [6]. Генеративное поколение получено от самоопыления родительских форм. В связи с требованиями Украинского института экспертизы сортов растений к сортам для переработки на картофелепродукты было отобрано 23 гибрида с содержанием сухого вещества не менее 25 %, крахмала – 15 %.

Специализированная технологическая оценка перспективных гибридов проводилась по 9-балльной шкале. Степень пригодности образца к переработке оценивалась количеством баллов: 1-я степень – 1,00–3,29 (непригодный); 2-я – 3,30–4,59 (малопригодный); 3-я – 4,60–5,89 (ограниченно пригодный); 4-я – 5,90–7,19 (пригодный); 5-я степень – 7,20–9,00 (наиболее пригодный) [7]. Эффективность производства картофелепродуктов определялась экспресс-методом [8].

Полевые исследования проводились в схеме селекционного процесса на опытном поле учебно-научного производственного комплекса Сумского национального аграрного университета [9].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В годы исследований отобранные гибриды имели достаточно высокие стабильные показатели хозяйственной пригодности (табл. 1).

Как видно из данных таблицы, при среднем значении показателя урожайности исследуемых гибридов на уровне 40,8 т/га колебания составили от 30,5 до 50,9 т/га. Повышенная урожайность (49,5–50,9 т/га) отмечалась у гибридов 35.22-8, 37.23-2, 35.22-17 (исходные формы сорта Псельской и Аспирантский). Высокой урожайностью (47,5–48,4 т/га) характеризовались гибриды 31.20-5, 21.15-21, 35.22-36, 37.23-1 (сорта Гончаровский, Селянский, Псельской, Аспирантский).

Содержание крахмала в клубнях выделенных 23-х перспективных гибридов колебалось от 17,7 до 22,7 % при среднем значении показателя 20,6 %, что выше установленной 15 %-й нормы соответственно на 2,7; 7,7 и 5,6 %. Повышенным содержанием крахмала (21,7–22,7 %) характеризовались семь гибридов: 17.13-34, 27.18-13, 29.19-3, 21.15-4, 25.17-26, 31.20-1, 39.24-30 и пять гибридов с высоким содержанием крахмала (20,3–21,4 %): 39.24-39, 37.23-2, 17.13-18, 31.20-5, 17.13-14.

Повышенный выход крахмала с одного гектара посева от 8,95 до 10,56 т показали 26 % гибридов: полученные от самоопыления сортов Аспирантский, Гончаровский и Псельской (37.23-1, 31.20-1, 35.22-8, 35.22-17, 31.20-5, 37.23-2).

К гибридам с высоким выходом крахмала (8,48–8,81 т/га) относились три ранних гибрида: 21.15-21, 35.22-36, 17.13-14 от самоопыления сортов Селянский, Псельской, Альтанка соответственно; два среднеранних гибрида с выходом крахмала 8,61–8,81 т/га: 39.24-30, 25.17-26 (исходные формы сортов Слобожанка-2 и Смуглянка).

Анализ хозяйственно ценных признаков гибридов выявил существенное повышение урожайности с 38 до 45 т/га, тенденцию увеличения выхода крахмала с 7,87 до 8,78 т/га и снижения крахмалистости клубней с 20,5 до 19,4 % от среднеранней к ранней группе спелости.

РАЗДЕЛ 1. СЕЛЕКЦИЯ КАРТОФЕЛЯ

Таблица 1 – Основные хозяйственно ценные признаки гибридов

Исходная форма, сорт	Селекционный номер	Группа спелости	Урожайность, т/га	Содержание крахмала, %	Выход крахмала, т/га
Аграрный	19.14-7	Среднеранний	35,2	18,7	6,58
	19.14-28	Среднеранний	38,0	19,8	7,52
	19.14-46	Среднеранний	31,6	18,7	5,90
	Среднее	–	34,9	19,1	6,66
Альтанка	17.13-14	Ранний	34,8	21,4	8,64
	17.13-18	Среднеранний	30,5	20,8	6,34
	17.13-34	Среднеранний	38,5	21,7	8,35
	Среднее	–	34,6	21,3	7,37
Аспирантский	37.23-1	Ранний	48,4	18,5	8,95
	37.23-2	Ранний	50,8	20,8	10,56
	Среднее	–	49,6	19,6	9,72
Гончаровский	31.20-1	Среднеранний	41,3	22,2	9,16
	31.20-5	Ранний	47,5	21,4	10,16
	Среднее	–	44,4	21,8	9,68
Плюшка	27.18-33	Среднеранний	37,3	21,7	8,10
	29.19-3	Среднеранний	33,8	21,7	7,33
	29.19-5	Ранний	39,8	18,7	7,33
	Среднее	–	37,0	20,7	7,66
Псельской	35.22-8	Среднеранний	49,5	19,0	9,40
	35.22-17	Среднеранний	50,9	19,0	9,67
	35.22-36	Ранний	48,2	17,7	8,53
	Среднее	–	49,5	18,6	9,21
Селянский	21.15-1	Среднеранний	40,0	19,8	7,92
	21.15-4	Среднеранний	33,3	21,9	7,29
	21.15-21	Ранний	47,9	17,7	8,47
	Среднее	–	40,3	19,8	7,98
Слобожанка-2	39.24-30	Среднеранний	38,0	22,7	8,61
	39.24-39	Среднеранний	39,7	20,3	8,05
	Среднее	–	38,8	21,5	8,33
Смуглянка	25.17-19	Среднеранний	36,8	18,7	6,88
	25.17-26	Среднеранний	39,7	22,2	8,81
	Среднее	–	37,9	20,4	7,84

Технологическая оценка сырья гибридов картофеля состояла из комплекса морфологических (цвет кожуры и мякоти, форма клубня, наличие глазков и глубина их залегания), химических (содержание сухого вещества и редуцирующих сахаров) и технологических (величина отходов при очистке клубней, устойчивость к потемнению сырой мякоти) признаков. В таблице 2 приведены распределение отобранных гибридов по морфологическим признакам и их оценка на пригодность к переработке.

Как видно из данных таблицы, преобладающее количество гибридов по морфологическим признакам получили высокую оценку пригодности для переработки на картофелепродукты: 70 % с желтым цветом кожуры (8 баллов), 74 – с кремовой и желтой мякотью (8 и 7 баллов), 61 – с округлой и округло-овальной формой клубня (8 и 7 баллов), 78 % с мелкой глубиной глазков (9 и 8 баллов).

Выявлено условно пригодных и малопригодных к переработке 35 и 22 % гибридов по количеству глазков 8 и 9 шт. (6 и 5 баллов), а также 13 % непригодных – 10 и более глазков, 9 % гибридов – условно пригодные по глубине залегания глазков в 2 мм

РАЗДЕЛ 1. СЕЛЕКЦИЯ КАРТОФЕЛЯ

Таблица 2 – Распределение и оценка гибридов картофеля по морфологическим признакам

Признак	Проявление	Оценка		Гибриды		
		балл	степень	шт.	%	селекционный номер
Цвет кожуры	Бежевый	9	5	3	13	21.15-1, 35.22-17, 35.22-36
	Желтый	8	5	16	70	17.13-18, 17.13-34, 19.14-7, 19.14-28, 19.14-46, 21.15-4, 21.15-21, 25.17-19, 25.17-26, 27.18-33, 29.19-5, 31.20-1, 31.20-5, 35.22-8, 37.23-1, 37.23-2
	Розовый	6	4	4	17	17.13-14, 29.19-3, 39.24-30, 39.24-39
Цвет мякоти	Белый	9	5	6	26	25.17-19, 29.19-3, 31.20-1, 37.23-1, 39.24-30
	Кремовый	8	5	9	39	17.13-14, 17.13-34, 19.14-7, 19.14-46, 21.15-1, 25.17-26, 27.18-33, 31.20-1, 37.23-2
	Желтый	7	4	8	35	17.13-18, 19.14-28, 21.15-4, 21.15-21, 29.19-5, 35.22-8, 35.22-17, 35.22-36
Форма	Округлая	9	5	4	17	17.13-14, 21.5-4, 25.17-19, 35.24-39
	Округло-овальная	8	5	9	39	19.14-7, 29.19-3, 31.20-1, 31.20-5, 35.22-17, 35.22-36, 37.23-1, 37.23-2, 39.24-30
	Овальная	7	4	5	22	17.13-34, 19.14-46, 27.18-33, 29.19-5, 35.22-8
	Овально-удлиненная	6	4	3	13	17.13-18, 21.15-1, 25.17-26
	Удлиненная	5	3	2	9	19.14-28, 21.15-21
Глазки, шт.	5	9	5	1	4	37.23-2
	6	8	5	3	13	19.14-7, 27.18-33
	7	7	4	3	13	29.19-5, 31.20-1, 37.13-2
	8	6	4	8	35	17.13-14, 17.13-18, 21.15-1, 21.15-4, 25.17-19, 29.19-3, 35.22-36, 37.23-1
	9	5	3	5	22	17.13-34, 19.14-46, 21.15-21, 31.20-5, 35.22-17
	10	4	2	3	13	19.14-28, 25.17-26, 39.24-30
Глубина глазков, мм	< 0,9	9	5	8	35	17.13-14, 17.13-18, 19.14-7, 19.14-28, 27.18-33, 29.19-5, 31.20-1, 37.23-2
	1,0	8	5	10	43	17.13-34, 19.14-46, 21.15-1, 21.15-21, 25.17-19, 25.17-26, 29.19-3, 35.22-8, 35.22-17, 35.22-36
	1,5	7	4	3	13	21.15-4, 31.20-5, 37.23-1
	2,0	6	4	2	9	39.24-30, 39.24-39

РАЗДЕЛ 1. СЕЛЕКЦИЯ КАРТОФЕЛЯ

(6 баллов). Таким образом, четыре гибрида (17 %) оказались малопригодными к переработке (3-я степень): 17.13-34, 19.14-26, 21.15-21, 31.20-5, три гибрида (13 %) – непригодными (2-я степень): 19.14-28, 25.17-26, 39.24-3.

Технологическая оценка гибридов по химическим признакам учитывала содержание сухого вещества, на 95 % определяющее выход готового продукта при переработке сырья, и содержание редуцирующих сахаров с возможным до 80 % негативным влиянием на качество продукта – его цвет и вкус.

Распределение гибридов и степень их пригодности к переработке на сушеный и хрустящий картофель отражены в таблице 3.

При среднем значении показателя сухого вещества 27,2 % 12 гибридов характеризовались повышенным содержанием – 28–30 %; с высоким содержанием 26–28 % было выделено восемь; стандартное содержание 25 % имели три (13 %) гибрида. Гибриды с повышенным содержанием оказались наиболее пригодными (5-я степень) для производства сушеного картофеля; с высоким (4-я степень) – пригодны на сушеный и хрустящий картофель; со стандартным содержанием также соответствовали 4-й степени пригодности для сушеного и 5-й – для хрустящего продукта. Два гибрида с 30 %-м содержанием сухого вещества являлись непригодными для хрустящего картофеля (1-я степень); шесть с 29 %-м – малопригодные (2-я степень); четыре гибрида с 28 %-м

Таблица 3 – Распределение и оценка гибридов картофеля по химическим показателям

Признак	Содержание, %	Оценка, балл		Пригодность, степень		Гибриды		
		Сушеный картофель	Хрустящий картофель	Сушеный картофель	Хрустящий картофель	шт.	%	селекционный номер
Сухое вещество	30	9	5	1	3	2	9	25.17-26, 39.24-30
	29	8	5	2	4	6	26	17.13-14, 17.13-34, 21.15-4, 27.18-33, 29.19-3, 31.20-1
	28	8	5	3	5	4	17	17.13-18, 31.20-5, 37.23-2, 39.24-39
	27	7	4	4	6	2	9	19.14-28, 21.15-1
	26	7	4	4	7	6	26	19.14-7, 19.14-46, 25.17-19, 29.19-5, 35.22-8, 35.22-17
	25	6	4	5	8	3	13	21.15-21, 35.22-36, 37.23-1
Редуцирующие сахара	0,2	9	5	5	8	7	31	21.15-1, 25.17-19, 29.19-5, 31.20-1, 35.21-8, 37.23-1, 39.24-39
	0,4	7	4	4	6	8	35	17.13-14, 17.13-18, 17.13-34, 21.15-4, 21.15-21, 29.19-3, 35.22-17, 39.24-30
	0,6	5	3	2	4	5	22	19.14-28, 27.18-33, 31.20-5, 35.22-36, 37.23-1
	0,8	3	1	1	2	3	13	19.14-7, 19.14-46, 25.17-26

РАЗДЕЛ 1. СЕЛЕКЦИЯ КАРТОФЕЛЯ

содержанием – условно пригодные (3-я степень). Следует отметить более высокое содержание сухого вещества и склонность к накоплению сахаров у среднеранних гибридов по сравнению с ранними на 4,0 и 7,5 % соответственно.

Таким образом, по содержанию сухого вещества все исследованные гибриды можно рекомендовать для производства сушеного, а 11 из них – одновременно и для хрустящего картофеля.

Выделено семь гибридов, не накапливающих редуцирующие сахара (0,2 %) при хранении, как наиболее пригодных для переработки (5-я степень): 21.15-16, 25.17-19, 29.19-5, 31.20-1, 35.22-8, 37.23-2, 39.24-39. Пригодных к переработке с 4-й степенью оказалось восемь, или 35 % гибридов с содержанием сахаров в пределах 0,4 %. Условно пригодными для сушеного и малопригодными для хрустящего картофеля (3-я и 2-я степени) были 22 %, непригодными (1-я степень) – 13 % гибридов.

Оценка гибридов картофеля по технологическим показателям приведена в таблице 4.

Как видно из таблицы, только у трех гибридов отходы при очистке клубней были не более 10 % и характеризовались 5-й степенью наибольшей пригодности к переработке: 19.14-7, 27.18-33, 31.20-1. Большее количество гибридов (43,5 %) по величине отходов (11–14 %) были пригодными (4-я степень); относительно пригодными оказались гибриды с отходами 15–17 %. Отходы при очистке клубней ранних гибридов составили 14,9 %, среднеранних – 13,3 %.

Более 70 % гибридов имели повышенную и высокую степень устойчивости к потемнению сырой мякоти. Наибольшую степень пригодности к переработке показали два ранних гибрида 17.13-14 и 37.23-2, шесть среднеранних – 17.13-18, 19.14-17, 19.14-28, 25.17-19, 27.18-33, 35.22-8.

Данные по эффективности производства картофелепродуктов из отобранных 14-ти лучших гибридов 5-й и 4-й степени пригодности по сравнению с условным стандартом представлены в таблице 5.

Средний прогнозируемый выход сушеного картофеля при переработке 100 кг сырья может составить 25,8 кг, хрустящего – 36,9 кг, что на 2,6 и 3,8 кг выше стандарта.

Таблица 4 – Распределение и оценка гибридов картофеля по технологическим показателям

Признак	Проявление	Оценка		Гибриды		
		балл	степень	шт.	%	селекционный номер
Отходы при очистке, %	8–10	8	5	3	13	19.14-7, 27.18-33, 31.20-1
	11–14	7	5	10	43,5	17.13-14, 17.13-18, 17.13-34, 19.14-28, 21.15-1, 21.15-4, 21.15-21, 25.17-26, 35.22-8, 35.22-36
	15–17	6	4	10	43,5	19.14-46, 25.17-19, 29.19-3, 29.19-5, 31.20-5, 35.22-17, 37.23-1, 37.23-2, 39.24-30, 39.24-39
Потемнение сырой мякоти, устойчивость	Повышенная	9	5	8	35	17.13-14, 17.13-18, 19.14-17, 19.14-28, 25.17-19, 27.18-33, 35.22-8, 37.23-2
	Высокая	8	5	9	39	17.13-34, 19.14-46, 21.15-1, 21.15-4, 25.17-26, 29.19-3, 29.19-5, 31.20-1, 39.24-30
	Средняя	7	4	6	26	21.15-21, 31.20-5, 35.22-17, 35.22-36, 37.23-1, 39.24-39

РАЗДЕЛ 1. СЕЛЕКЦИЯ КАРТОФЕЛЯ

Таблица 5 – Эффективность производства картофелепродуктов

Селекционный номер	Группа спелости	Содержание сухого вещества, %	Выход готового продукта, кг/100 кг					
			Сушеный картофель			Хрустящий картофель		
			\bar{X}	\pm	%	\bar{X}	\pm	%
Условный стандарт	–	25,0	23,2	–	–	40,7	–	–
39.24-30	Среднеранний	30,0	27,7	4,5	19,4	45,0	4,3	10,6
31.20-1	Среднеранний	29,4	27,2	4,0	17,2	44,4	3,7	9,1
21.15-4	Среднеранний	29,2	27,0	3,8	16,4	44,3	3,6	8,8
17.13-34	Среднеранний	28,9	26,7	3,5	15,1	44,1	3,4	8,3
29.19-3	Среднеранний	28,9	26,7	3,5	15,1	44,1	3,4	8,3
17.13-14	Ранний	28,6	26,5	3,3	14,2	43,8	3,1	7,6
37.23-2	Ранний	28,1	25,9	2,7	11,6	43,5	2,8	6,8
17.13-18	Среднеранний	28,1	25,9	2,7	11,6	43,5	2,8	6,8
39.24-39	Среднеранний	27,8	25,7	2,5	10,8	43,2	2,5	6,1
19.14-28	Среднеранний	27,0	25,0	1,8	7,7	42,1	2,0	4,9
21.15-1	Среднеранний	27,0	25,0	1,8	7,7	42,1	2,0	4,9
35.22-8	Среднеранний	26,1	24,2	1,0	4,3	42,0	1,3	3,2
25.17-19	Среднеранний	25,8	24,0	0,8	3,4	41,5	0,8	1,9
29.19-5	Ранний	25,8	24,0	0,8	3,4	41,5	0,8	1,9

Повышенным (26,7–27,7 кг) выходом сушеного картофеля характеризовались 35 % гибридов: 29.19-3, 17.13-34, 21.15-4, 31.20-1, 39.24-30. Высокий выход готового продукта (25,7–26,5 кг) отмечался у 28 % гибридов: 39.24-39, 17.13-18, 37.23-2, 17.13-14. Выход сушеного картофеля при переработке гибридов увеличивался на 15–20 %.

Из девяти вышеперечисленных гибридов восемь оказались наиболее пригодными для производства хрустящего картофеля (43–44 кг) с увеличением выхода конечной продукции на 6–9 % по сравнению со стандартом.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Использование сочетания самоопыления и отбора перспективных гибридов картофеля в схеме селекционного процесса дало возможность сделать следующие выводы:

1. В качестве исходных форм в селекции на пригодность к промышленной переработке рекомендуется использовать специализированные сумские сорта картофеля.
2. Создано и выделено 23 высококрахмалистых гибрида (17,7–22,7 %) с повышенной и высокой урожайностью (47,5–50,9 т/га) и выходом крахмала с гектара посева от 8 до 10 т.
3. В результате технологической оценки выделено 35 % ранних и среднеранних гибридов с высоким качеством сырья, наиболее пригодных для производства сушеного и хрустящего картофеля: 17.13-14, 17.13-18, 17.13-34, 21.15-4, 29.19-3, 31.20-1, 37.23-2, 39.24-39.
4. Выход сушеного картофеля при переработке клубней выделенных гибридов может повыситься на 20 %, хрустящего – на 9 % по сравнению с условным стандартом.
5. Использование сырья перспективных гибридов ранней и среднеранней группы созревания и обеспечение ими перерабатывающей промышленности в более ранние сроки – один из факторов повышения эффективности работы предприятий и разгрузки их в наиболее напряженный осенний период.

Список литературы

1. Faostat: Production: Crop. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>. – Дата доступа: 25.10.2021.

2. Рослинництво України : стат. зб. Держстата України / Державна служба статистики України ; за ред. О. Прокопенка. – Київ, 2021. – 83 с.
3. Бондарчук, А. А. Перспективи розвитку картоплі в Україні / А. А. Бондарчук // Вісник Аграрної науки. – 2009. – Вип. 4. – С. 21–23.
4. Кожушко, Н. С. Селекція на придатність до промислової переробки / Н. С. Кожушко // Картопля / за ред. В. В. Кононученка, М. Я. Молоцкого. – Біла Церква, 2002. – Т. 1. – С. 270–290.
5. Державний реєстр сортів рослин, придатних до поширення в Україні на 2021 рік [Електронний ресурс]. – Режим доступа: https://sops.gov.ua/uploads/page/reeestr/2021/2021-11-25_geestr.pdf. – Дата доступа: 28.10.2021.
6. Каталог сортів картоплі / Сумський нац. аграр. університет ; уклад. Н. С. Кожушко [і др.] ; ред. В. М. Івченко. – Суми, 2013. – 51 с.
7. Кожушко, Н. С. Технологічна оцінка картоплі на придатність до промислової переробки / Н. С. Кожушко, М. Д. Гончаров // Картоплярство. – 2000. – Вип. 30. – С. 51–60.
8. Гончаров, М. Д. Експрес-метод для оцінки вихідного та селекційного матеріалу картоплі / М. Д. Гончаров, Н. С. Кожушко, В. І. Оничко // Картоплярство. – 1993. – Вип. 26. – С. 52–56.
9. Методичні рекомендації щодо проведення досліджень з картоплею / за ред. В. В. Кононученка. – Немішаєве : Ін-т картоплярства УААН, 2002. – 183 с.

Поступила в редакцію 04.11.2021 г.

N. S. KOZHUSHKO, N. N. SAKHOSHKO, D. V. SMILYK

POTATO SELECTIVE BREEDING FOR SUITABILITY FOR INDUSTRIAL PROCESSING FOR FOOD PRODUCTION

SUMMARY

At the Research Institute of Potato-breeding of Sumy National Agrarian University, using own potato varieties as basic forms, 23 promising hybrids were obtained according to the main economically valuable traits (yield – up to 50 t/ha, starch content – 22 %, starch yield – up to 8–10 t/ha). Based on the results of the technological assessment, 35 % of hybrids of the early and medium early ripening groups with a high (28–30 %) dry matter content and low (0.2–0.4 %) reducing sugars content turned out to be the most suitable for industrial processing into potato products. The potential maximum yield of dried potato production was up to 27.7 kg from 100 kg of raw materials, crispy – up to 44.4 kg, which is almost 20 and 10 % higher than the established quality standard. Providing the processing industry with high-quality raw materials in the early stages is one of the factors in increasing the efficiency of enterprises and unloading them in the most stressful autumn period.

Key words: selective breeding, potatoes, hybrids, technological assessment, industrial processing, food products, production efficiency.

УДК 635.21:631.524.022

<https://doi.org/10.47612/0134-9740-2021-29-38-43>**Г. И. Пискун**

РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук

Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству»,

аг. Самохваловичи, Минский район

E-mail: belbulba@tut.by

**ПРИОРИТЕТНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ СЕЛЕКЦИИ КАРТОФЕЛЯ
В СВЯЗИ С ИЗМЕНЕНИЕМ КЛИМАТА****РЕЗЮМЕ**

В изменившихся климатических условиях основное снижение урожая картофеля происходит из-за повышения вредоносности болезней и часто повторяющихся в вегетационный период засух и неравномерного выпадения осадков. За счет внедрения устойчивых к данным стрессам сортов можно существенно уменьшить не только потери урожая, но и повысить качество клубней. Приведены данные об устойчивости наиболее распространенных и новых сортов картофеля к этим факторам. На основании полученных результатов предложены приоритетные направления селекции картофеля.

Ключевые слова: картофель, климат, болезни, устойчивость, вредоносность, засуха, переувлажнение, сорт, питательная ценность.

ВВЕДЕНИЕ

Изменение климата на нашей планете происходило постоянно. По данным климатологов, за последние 140 лет температура увеличилась на 1 °С, в Арктике – на 2,0–2,5 °С [1]. Последние два десятилетия изменение климата происходит более быстрыми темпами, чем прогнозировали ученые. Из тринадцати последних лет двенадцать были самыми теплыми с момента регистрации погоды [2].

Существенное изменение климата в последнее время наблюдалось и в нашей республике. За последние 19 лет температура повысилась на 1,1 °С. Более высокие положительные значения – 3–5 °С зарегистрированы в зимний период, а минимальные – в мае – сентябре, что способствовало увеличению продолжительности безморозного периода. При этом весна характеризовалась невысокими температурами и обильным выпадением осадков, а летом засушливые периоды чередовались с выпадением дождей, часто ливневого характера [3].

Наблюдаемое в последнее время устойчивое потепление, наряду с положительными, привело к ряду негативных последствий: возросла вредоносность болезней и вредителей, появились новые, ранее неизвестные, для эффективного контроля которых необходимо внесение высоких доз химических средств защиты растений. Так, чередование периодов с повышенной температурой и обильным выпадением осадков способствует распространению таких заболеваний, как фитофтороз и альтернариоз, вредоносность которых более ощутима в южной зоне республики, для которой наиболее характерны повышенная температура и дефицит влаги в вегетационный период [4]. Смещение низких температур на май, сопряженное с обильным выпадением осадков, приводит к переувлажнению и уплотнению почвы. Это способствует, во-первых,

повышению вредоносности ризоктониоза, во-вторых, распространению сорной растительности из-за невозможности проведения качественных обработок почвы. Получение высоких, стабильных урожаев картофеля, кроме выполнения вышеперечисленных факторов, возможно при использовании высоких, сбалансированных доз минеральных удобрений, микроэлементов и регуляторов роста. Производство средств защиты растений и минеральных удобрений связано со значительными затратами. Их использование приводит к угнетению и ослаблению флоры и фауны в агроценозах, пагубно воздействует на почвообразование, загрязняет воду и почву, а вероятность накопления в продукции остаточных веществ пестицидов отрицательно влияет на здоровье людей и животных [5].

Решать возникшие проблемы можно двумя путями: 1) создавать сорта, устойчивые к болезням и вредителям, особенно таким вредоносным в вегетационный период, как фитофтороз и альтернариоз, засухе, временно избыточному переувлажнению почвы; 2) выращивать продовольственный картофель по экологизированной технологии с использованием сидератов и биологических средств для защиты от болезней и вредителей.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Цель исследований – анализ устойчивости внесенных в государственный реестр Республики Беларусь и вновь созданных сортов картофеля к биотическим и абиотическим стрессам и на основе полученных результатов предложение перспективных направлений селекции на ближайший период.

В работе использованы многолетние результаты оценки перспективного селекционного материала по устойчивости к болезням, засухе, временно избыточному переувлажнению почвы. Опыты закладывались в полевых условиях, пленочных теплицах, согласно утвержденным методикам исследований.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В сложившихся в настоящее время климатических условиях наиболее опасным заболеванием для растений картофеля остается фитофтороз, потери урожая от которого в годы эпифитотийного развития болезни могут достигать 80 %. Эффективность борьбы с заболеванием осложняется из-за большой изменчивости патогена, а также наличия двух типов совместимости A1 и A2, определяющих возможность полового процесса, ведущего к образованию ооспор, нового опасного источника инфекции. Есть предположение, что ооспоры обладают повышенной устойчивостью к неблагоприятным условиям (засухе, низким температурам). Частые химические обработки растений, особенно системными препаратами, также способствуют появлению штаммов, устойчивых к фунгицидам. Все это в совокупности приводит к нежелательным последствиям: снижению устойчивости ранее невосприимчивых сортов и эффективности вносимых фунгицидов. Поэтому создание сортов с высокой устойчивостью, особенно по листьям, одна из приоритетных задач селекции картофеля.

Методологическая база для создания таких сортов разработана достаточно хорошо [6]. Установлено, что полевая устойчивость к патогену контролируется как аддитивно, так и не аддитивно действующими генами. Следовательно, целенаправленно создавать устойчивые по листьям к фитофторозу сорта можно вовлекая в гибридизацию фитофтороустойчивые родительские формы с высокой комбинационной способностью. Гибридное потомство по данному признаку отличается высокой степенью изменчивости и, как следствие, возможностью выделения трансгрессивных форм.

Необходимо отметить, что в нашем Центре создано достаточно межвидовых гибридов, сочетающих устойчивость клубней и листьев к фитофторозу, и это может быть надежной основой для выведения сортов данного направления.

Какова же ситуация в республике с созданием и внедрением в производство фитофтороустойчивых сортов? Из внесенного в государственный реестр и размножаемого в производстве сортимента (табл.) относительно высокую устойчивость к патогену по листьям имеют лишь среднепоздние образцы: Рагнеда, Вектар, Здабытак, из новых сортов – Рубин. В ранней и среднеспелой группе все сорта среднеустойчивые, за исключением Уладара, листья которого сильно поражаются болезнью.

Мнение, что ранние сорта успевают накопить урожай до появления болезни, не бесспорно, так как в сложившихся климатических условиях фитофтороз регистрировали в третьей декаде мая. Следует отметить, что в настоящее время проходят государственное испытание относительно высокоустойчивые к болезни среднеспелые образцы – Гарантия, Баярскі, среднепоздний Сапфир. Из приведенного в таблице сортимента лишь Здабытак и Нара обладают хорошей устойчивостью клубней к патогену.

Повышенная вредоносность альтернариоза требует разработки эффективных мер борьбы. Используемые для контроля болезни химические средства недостаточно эффективны. Во всех группах спелости, за исключением средней, есть сорта с достаточно высокой устойчивостью к патогену: из ранних и среднеранних – Лилея и Манифест, среднепоздних – Вектар, Нара, Здабытак. У наиболее распространенных среднеспелых сортов устойчивость к болезни средняя. Из новых сортов устойчив к данному заболеванию Сапфир и относительно устойчив Баярскі. Анализируя полученные результаты, можно сделать вывод, что создание сортов, устойчивых к данной болезни, должно быть приоритетным направлением в селекции картофеля. Успешно выводить невосприимчивые к патогену сорта можно при наличии достаточного количества исходного материала. В настоящее время у селекционера мало информации об устойчивости к альтернариозу сортов мирового сортимента. Надо предусмотреть работы по созданию исходного материала на основе межвидовой гибридизации, разработке методологии селекции сортов данного направления [7].

Часто наблюдаемые в последние годы во время вегетации картофеля периоды с высокой температурой и неравномерным, часто ливневого характера выпадением осадков приводят к засухе и избыточному переувлажнению почвы. За счет этих факторов снижение урожайности может составлять 30–50 % [8]. Поэтому в регионах, в которых преобладают легкие почвы и наблюдаются частые периоды с недостатком влаги и повышенными температурами, это в первую очередь Гомельская и Брестская области, предпочтение следует отдавать устойчивым к засухе сортам. Однако следует констатировать, что наиболее распространенные в настоящее время сорта: Лилея, Уладар, Манифест, Скарб, Янка, Рагнеда, Вектар относительно устойчивы к данному стрессу. Из ранее выведенных лишь сорт технического назначения Здабытак устойчив к дефициту влаги. Внесенные в государственный реестр новые среднепоздние сорта Нара, Рубин незначительно снижают урожай клубней в засушливые периоды.

От временно избыточного переувлажнения посадок картофеля снижение урожайности более существенно на тяжелых по гранулометрическому составу почвах, которые характерны для Витебской, части Минской и Могилевской областей. Распространенные сорта – среднеранний Манифест, среднепоздние Вектар, Рагнеда и новый среднепоздний Нара – устойчивы к данному стрессовому фактору, а все другие – относительно устойчивы.

РАЗДЕЛ 1. СЕЛЕКЦИЯ КАРТОФЕЛЯ

Таблица – Устойчивость сортов картофеля к биотическим и абиотическим факторам

Сорт	Фитофтороз		Альтер-нариоз	к засухе	Устойчивость	
	листья	клубни			к временно избыточному переувлажнению почвы	к ризоктониозу клубней
Лилея	5	6	7	Низкая	Относительно высокая	Средняя
Уладар	3	6	6	Относительно высокая	Относительно высокая	Средняя
Першацвет	5	5	5	Относительно высокая	Средняя	Высокая
Бриз	5	5	–	Низкая	Относительно высокая	Средняя
Манифест	5	5	8	Относительно высокая	Высокая	Относительно высокая
Янка	5	5	5	Относительно высокая	Низкая	Относительно высокая
Скарб	5	3	6	Относительно высокая	Относительно высокая	Относительно высокая
Вектар	8	5	7	Высокая	Высокая	Высокая
Рагнеда	7	5	6	Относительно высокая	Высокая	Относительно высокая
Журавинка	5	5	6	Относительно высокая	Низкая	Средняя
Здабытак	7	8	7	Высокая	Относительно высокая	Средняя
Нара	5	7	7	Высокая	Высокая	Относительно высокая
Рубин	8	5	5	Высокая	Средняя	Средняя
Лель	5	5	5	Высокая	Средняя	Относительно высокая
Баярскі	7	6	7	Относительно высокая	Высокая	Относительно высокая
Сапфир	7	6	8	Относительно высокая	Средняя	Относительно высокая
Гарангія	7	6	5	Низкая	Средняя	Высокая

Примечание. Устойчивость к болезням (балл): 3 – низкая, 5 – средняя, 7 – относительно высокая, 8 – высокая.

Следует отметить, что во всех группах спелости есть сорта с достаточно высокой устойчивостью к ризоктониозу по клубням: Першацвет, Манифест, Янка, Скарб, Рагнеда, Вектар, Нара, Гарантия, Сапфир, Баярскі.

По совокупности устойчивости к биотическим и абиотическим стрессам наиболее пригодны для выращивания в сложившихся климатических условиях сорта: Манифест, Вектар, Здабытак, из новых – Нара, Баярскі, Сапфир, в меньшей степени – Рагнеда, Першацвет.

В связи с возникшими сложностями с получением качественной продукции и возросшими требованиями населения к питательной ценности одной из основных задач селекции картофеля является создание сортов с повышенным содержанием полноценного белка, витаминов и антиоксидантов, укрепляющих иммунную систему человека. Данные признаки наиболее полно сочетаются в образцах с цветной мякотью клубней: фиолетовой, красной, интенсивно желтой. Эти формы, наряду с указанными показателями, должны обладать хорошей устойчивостью к наиболее вредоносным болезням и вредителям, что позволит выращивать их по экологизированной технологии. Следует подчеркнуть, что разработанные теоретические основы и наличие исходного материала являются хорошей предпосылкой для целенаправленного выведения сортов данного направления.

В нашем Центре создан и передан на государственное испытание сорт Сапфир с фиолетовой окраской кожуры и мякоти урожайностью до 64,0 т/га, высоким содержанием антиоксидантов до 2453 ед. и витамина С – 28,7 %. Устойчив к альтернариозу, относительно устойчив к фитофторозу по листьям и абиотическим стрессам. На заключительном этапе селекционного процесса испытываются перспективные образцы с фиолетовой и красной мякотью клубней, которые наряду с высокими значениями приведенных показателей не поражаются цистообразующей картофельной нематодой (Ro1).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В изменившихся климатических условиях повысилась вредоносность болезней, особенно альтернариоза, более частыми стали в вегетационный период засухи и неравномерное, ливневого характера выпадение осадков, что приводит к значительному (до 50 %) снижению урожая картофеля.

Существенно минимизировать потери клубней можно за счет внедрения устойчивых к отмеченным биотическим и абиотическим стрессам сортов. Из распространенных в республике сортов лишь Манифест, Вектар, Рагнеда, а также Здабытак, из современных – Нара, Баярскі, Сапфир в определенной степени соответствуют требованиям в сложившейся ситуации.

На основании приведенных данных можно констатировать: основная задача селекции картофеля – создание сортов с комплексной устойчивостью к болезням и вредителям и экстремальным факторам среды. В связи с повысившимися требованиями населения к качеству и питательной ценности клубней приоритетным направлением является выведение сортов для диетического (здорового) питания.

Список литературы

1. Шкляр, А. П. Адаптация овощеводства к условиям глобального изменения климата / А. П. Шкляр // Наше сельское хозяйство. – Февраль, 2021. – С. 108–113.
2. Старовойтов, В. И. Технология производства картофеля с учетом глобального изменения климата / В. И. Старовойтов // Перспективы инновационного развития

картофелеводства : материалы науч.-практ. конф., Чебоксары, 19–20 февр. 2009 г. / под ред. В. М. Мутикова. – Чебоксары : КУП ЧР «Агро-Инновации», 2009. – С. 33–34.

3. Мельник, В.И. Влияние изменения климата на агроклиматические ресурсы и продуктивность основных сельскохозяйственных культур Беларуси : автореф. дис. ... канд. географ. наук : 25.00.23 / В. И. Мельник ; БГУ. – Минск, 2004. – 22 с.

4. Иванюк, В. Г. Прогноз фитосанитарного состояния агроценозов Беларуси в условиях потепления климата / В. Г. Иванюк // Земляробства і ахова раслін. – 2006. – № 6 (61). – С. 48–49.

5. Рябцева, Т. В. «Органика» – востребованная тема / Т. В. Рябцева // Наше сельское хозяйство. – Январь, 2020. – С. 100–104.

6. Пискун, Г. И. Методологические аспекты селекции картофеля на фитотроустойчивость / Г. И. Пискун // Картофелеводство : сб. науч. тр. / Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству ; редкол.: В. Г. Иванюк (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2011. – Т. 19. – С. 79–87.

7. Сорга картофеля белорусской селекции: каталог / В. Л. Маханько [и др.] ; Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству ; под науч. ред. С. А. Турко [и др.]. – Минск, 2018. – С. 55.

8. Влияние почвенной засухи в период вегетации на продуктивность сортов и гибридов картофеля / Д. Д. Фицура [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. 24–36.

Поступила в редакцию 12.10.2021 г.

G. I. PISKUN

PRIORITY AREAS OF POTATO SELECTIVE BREEDING IN CONNECTION WITH CLIMATE CHANGE

SUMMARY

As a result of the analysis, it was found that in the changed climatic conditions, a decrease in potato yield occurs due to an increase in the harmfulness of diseases and frequent droughts and uneven precipitation during the growing season. In the current situation, through the introduction of varieties which are resistant to these stresses, it is possible to not only significantly reduce potato crop losses, but also to improve the quality of tubers. Data on the resistance of the most common and new potato varieties to these factors are presented. Based on the obtained findings, priority areas of potato selective breeding were proposed.

Key words: potatoes, climate, diseases, resistance, harmfulness, drought, waterlogging, variety, nutritional value.

УДК 635.21:631.526.32(470.0)

<https://doi.org/10.47612/0134-9740-2021-29-44-50>

Ю. Н. Федорова, Л. Н. Федорова, М. Б. Тельпук, М. И. Зайцева
ФГБОУ ВО «Великолукская государственная сельскохозяйственная академия», г. Великие Луки, Псковская область, Россия
E-mail: nauka@vgsa.ru

АДАПТИВНОСТЬ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ СОРТОВ КАРТОФЕЛЯ В УСЛОВИЯХ НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ РОССИИ

РЕЗЮМЕ

Приведены результаты исследований комплексной оценки сортов из коллекции Великолукской государственной сельскохозяйственной академии в условиях Нечерноземной зоны России. Данные получены по Псковской и Тверской областям. Сорта коллекции принадлежат к различным группам спелости и выведены разными селекционными организациями. Рассчитан адаптивный потенциал сортов картофеля различных групп спелости при ежегодно изменяющихся погодных условиях. В процессе исследований выделены сорта, обладающие высокой пластичностью и продуктивностью. Для всех сортов характерен размах урожайности и устойчивости к болезням.

Ключевые слова: картофель, сорт, урожайность, адаптивность, показатели продуктивности.

ВВЕДЕНИЕ

Важнейшая и широко используемая сельскохозяйственная культура на территории России – это картофель. Основным направлением его селекции сегодня определяется создание высокоурожайных сортов с широкой адаптивностью к условиям возделывания [4].

Оценки урожайности сортов растений зависят от продуктивности генотипов и условий внешней среды. Изменчивость условий выращивания обуславливает нестабильность оценок урожайности генотипов в соответствии с различиями их реакций на изменения внешних условий. Специфику таких реакций селекционер не может детально изучить по результатам сортоиспытаний. Используемые методы биометрической генетики не базируются на знании механизма взаимодействия генотип – среда, поэтому позволяют только измерять его проявления, но не способны обеспечить прогноз поведения генотипа в новых условиях [5].

Новые сорта часто оказываются невостребованными производством из-за недостаточной экологической стабильности и адаптивности. Методы отборов на эти свойства неэффективны в процессе селекции, а высокую адаптивность нельзя перенести в создаваемый сорт. Для выявления степени стабильности и адаптивности сортов проводят экологические испытания, по результатам которых вычисляют те или иные биометрические параметры, предложенные для оценки особенностей норм реакции генотипов на диапазон условий испытаний [1].

Стратегия селекции должна учитывать достигнутый уровень урожайности и его возможности. Производству необходимы сорта как с широкой приспособленностью к почвенным, агротехническим, погодным условиям, так и с широкой адаптивностью к местным условиям, высокой отзывчивостью на повышенный агрофон, а также устойчивостью к болезням [3].

РАЗДЕЛ 1. СЕЛЕКЦИЯ КАРТОФЕЛЯ

Цель исследования – оценка урожайности и основных показателей продуктивности современных отечественных сортов разных групп спелости в условиях Нечерноземной зоны Российской Федерации.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

В 2019–2021 гг. в Псковской и Тверской областях проводили опыты по оценке продуктивности и адаптивности сортов картофеля отечественной селекции разных групп спелости, длительно культивируемых в культуре *in vitro*. Существует мнение, что длительное культивирование снижает продуктивность у ряда сортов.

Объектом исследований служили сорта картофеля: Удача, Чароит, Ломоносовский, Весна белая, Чародей, Гусар, Реал, Силеный туман, Загадка Питера, Евразия, Сиверский, Аврора, находящиеся в культуре с 2016 г. Культивирование растений проводили на безгормональных средах, хранение – микроклубнями. Полученные микроклубни культивировали на аэропонике для дальнейшего получения микроклубней. Затем их использовали в питомнике первого поколения.

Климатические условия Псковской области определяются главным образом переносом теплых воздушных масс с Атлантического океана и Балтийского моря и холодных – из районов Арктики. Вторжение арктических воздушных масс вызывает резкие изменения погоды, весной и в начале лета они сопровождаются поздними заморозками, зимой – понижениями температуры, доходящими в отдельные дни до -40°C и ниже. В таблице 1 приведены данные о погодных условиях в 2020 и 2021 гг.

В 2019 г. апрель оказался теплым и сухим, однако в первой и второй декадах мая наблюдался возврат холодов. Вместе с тем по сравнению с предыдущим годом перепад дневных и ночных температур был не столь значительным. Лето выдалось умеренно теплым с достаточным количеством осадков. Сентябрь был теплым и сухим с большим количеством солнечных дней, что способствовало уборке.

Тверская область граничит с Псковской, Смоленской, Новгородской, Московской, Владимирской и Ярославской областями. Климат Тверской области является умеренно-континентальным, характеризуется переходными чертами от континентального климата восточных районов Европейской территории страны к более влажному северо-западным районам.

Самым холодным месяцем считается январь ($-7,5$ – $-8,0^{\circ}\text{C}$), а наиболее теплым – июль ($+17,0$ – $+17,5^{\circ}\text{C}$). Период со среднесуточными температурами выше 0°C длится

Таблица 1 – Температура воздуха и сумма осадков за вегетационный период 2020–2021 гг. (по данным метеостанции г. Пскова)

Месяц	Температура воздуха, $^{\circ}\text{C}$			Количество осадков, мм		
	2020 г.	2021 г.	Среднее многолетнее значение	2020 г.	2021 г.	Среднее многолетнее значение
Апрель	6,3	6,2	6,3	49	32	32
Май	12,2	12,1	12,4	64	135	51
Июнь	16,4	16,9	15,9	72	39	84
Июль	17,9	18,3	17,9	90	41	79
Август	16,6	16,6	16,3	79	149	79
Сентябрь	12,5	12,2	11,1	58	37	67
За апрель – сентябрь	13,7	13,7	13,3	412	433	392
За май – август	15,8	16,0	15,6	305	364	293

с начала апреля до конца ноября (220–250 дней). Продолжительность вегетации растений – 170–180 дней.

Среднеголетние климатические показатели вегетационного периода: продолжительность – 145 дней, сумма положительных температур – 2711 °С, количество осадков за вегетационный период (> 5 °С) – 416 мм, гидротермический коэффициент – 1,56, фотосинтетическая активная радиация – 25 ккал/см².

Температурный режим, сумма осадков и другие метеорологические условия оказывают существенное влияние на состояние растений картофеля, развитие болезней и численность вредителей.

После посадки мини-клубней уход за ними в условиях *in vivo* состоял из систематических рыхлений междурядий, обработок средствами защиты растений и подкормок. Уборку мини-клубней проводили в третьей декаде августа с предварительным скашиванием ботвы за две недели до уборки.

Структуру урожая определяли согласно существующим требованиям для питомника производства мини-клубней. Наблюдения и учеты в полевых опытах проводили согласно общепринятой методике исследований по культуре картофеля. Они включали фенологические наблюдения, биометрические показатели роста и развития растений, пораженность растений болезнями в течение вегетации и клубней при уборке, учет количества и массы клубней в урожае картофеля.

Оценку продуктивного и адаптивного потенциала сорта по показателю «урожайность» выполняли по методике Л. А. Животкова и др. [1]. При анализе продуктивного и адаптивного потенциала сортов использовали показатель «среднесортная урожайность года» – это уровень урожайности в конкретном году и конкретном регионе. Критерием для сравнения берется общая видовая адаптивная реакция культуры на конкретные условия выращивания, реализованная в средней величине урожайности для сравниваемых сортов. Общую видовую реакцию определяли путем суммирования урожайности отдельных сортов с последующим делением показателя на общее их число. Полученная величина является показателем нормы реакции определенной совокупности сортов на факторы внешней среды в каждом конкретном году. Коэффициент адаптивности (Ka) рассчитывали следующим образом:

$$Ka = (X_{ij} \times 100 : X) : 100,$$

где X_{ij} – урожайность i -го сорта в j -й год испытания;

X – среднесортная урожайность года [1].

В данной методике среднесортная урожайность берется за 100 % [1]. Перевод абсолютных величин урожайности в проценты позволяет сравнивать поведение сортов в разные годы. По полученному показателю можно судить об адаптивности или продуктивных возможностях сортов.

Почва на полевом участке дерново-подзолистая среднесуглинистая, содержание гумуса – 2,5 %, pH – 6,5, основных элементов питания: N – 50 мг/кг; P₂O₅ – 180; K₂O – 200 мг/кг. Пахотный слой 25–30 см, под зяблевую вспашку вносили 15 т/га компостного навоза, предшественник – чистый пар. Фоновая доза минеральных удобрений N₉₀ P₁₈₀ K₁₈₀ кг/га. Повторность в полевых опытах 4-кратная, учетная площадь делянки 1,54 м². Схема посадки 70×25 см. Посадка клубней осуществлялась в первой декаде мая. Обработку почвы проводили: осенью – зяблевая вспашка, весной – фрезерование и нарезка гребней. Уход заключался в одной междурядной обработке, окучивании, опрыскивании против фитофтороза при смыкании ботвы препаратом Ридомил Голд МЦ 2,5 кг/га и через 10 дней – Дитаном М-45 1,5 кг/га, ЮНИФОРМ, СЭ.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

При увеличении производства картофеля особое внимание уделяется выбору сорта. Возможности сорта определяются комплексом признаков и свойств, но урожайность занимает ключевую роль.

Мы представляем результаты наших исследований по показателю «средний коэффициент адаптивности» (Ka), по которому можно судить о продуктивных возможностях изучаемых сортов картофеля.

Урожайность сортов была разной в годы исследований. Согласно погодным условиям самым благоприятным из трех лет для формирования урожая картофеля был 2019 г. Дождливая весна в 2021 г. не позволила в оптимальные сроки провести посадку картофеля, что, соответственно, сказалось на урожайности, например, в Псковской области среднесортная урожайность была 24,4 т/га, что существенно ниже урожайности 2019 г. Наиболее продуктивным сортом в 2019 г. был сорт Гусар с урожайностью 37,5 т/га.

Представленные в таблице 2 данные характеризуют коэффициент адаптивности сортов, в наших исследованиях в условиях Псковской области он варьировал от 0,89 до 1,31. Средний коэффициент адаптивности выше 1 отмечен у четырех сортов картофеля: Весна белая – 1,07, Чародей – 1,08, Аврора – 1,02. Максимальный показатель был отмечен у сорта Гусар – 1,31, наименьший – у сорта Загадка Питера – 0,89.

Природно-климатические условия Тверской области в целом благоприятны для развития картофеля. По исследованиям, проведенным нами в данной области, можно сделать вывод, что наибольшая урожайность была отмечена в 2019 г. у сортов Гусар, Реал, Удача, Аврора (табл. 3). Однако показатель урожайности по годам не так различался, как в условиях Псковской области и в основном различался по сортам.

Средний коэффициент также не так сильно варьировал (от 0,87 до 1,19 по сортам), как в Псковской области. Средний коэффициент адаптивности выше 1 в условиях Тверской области был отмечен у пяти сортов: Удача, Ломоносовский, Чародей, Гусар и Реал. Наибольший коэффициент адаптивности отмечен у сорта Гусар (1,19), минимальный у сорта Сиреневый туман (0,87).

Таблица 2 – Урожайность различных по срокам созревания сортов картофеля по годам и их коэффициент адаптивности в Псковской области

Сорт	Урожайность по годам, т/га			Средний коэффициент адаптивности (Ka)
	2019 г.	2020 г.	2021 г.	
Удача	28,3	25,7	22,5	0,99
Чароит	28,8	25,3	21,3	0,98
Ломоносовский	30,2	24,2	21,6	0,99
Весна белая	24,9	30,0	27,3	1,07
Чародей	27,3	26,0	29,5	1,08
Гусар	37,5	32,6	30,5	1,31
Реал	27,5	22,4	24,6	0,97
Сиреневый туман	28,0	25,2	20,4	0,96
Загадка Питера	25,3	22,7	20,3	0,89
Евразия	26,9	22,8	24,2	0,97
Сиверский	23,8	25,2	26,8	0,99
Аврора	20,5	24,3	23,6	1,02
Среднесортная урожайность	27,41	25,53	24,38	–

РАЗДЕЛ 1. СЕЛЕКЦИЯ КАРТОФЕЛЯ

Таблица 3 – Урожайность различных по срокам созревания сортов картофеля по годам и их коэффициент адаптивности в Тверской области

Сорт	Урожайность по годам, т/га			Средний коэффициент адаптивности (Ка)
	2019 г.	2020 г.	2021 г.	
Удача	31,2	29,7	27,3	1,06
Чароит	29,1	24,4	25,7	0,95
Ломоносовский	33,4	30,2	27,6	1,09
Весна белая	25,3	28,5	27,1	0,97
Чародей	32,6	28,3	30,5	1,01
Гусар	33,6	30,2	35,4	1,19
Реал	30,3	28,5	26,4	1,02
Сиреневый туман	25,6	24,2	22,8	0,87
Загадка Питера	26,3	28,6	27,4	0,99
Евразия	25,6	27,5	26,3	0,96
Сиверский	29,3	26,0	23,1	0,94
Аврора	28,5	26,1	25,4	0,96
Среднесортная урожайность	29,23	27,68	27,08	–

Изменение фитосанитарной обстановки во времени и пространстве требует ежегодных наблюдений в районах возделывания картофеля. Необходима оценка новых и районированных сортов культуры на устойчивость к основным болезням, а также современных препаратов с учетом прогнозирования развития вредных объектов в конкретных почвенно-климатических условиях.

В 2019–2021 гг. фитофтороз был распространен повсеместно. Первые признаки заболевания выявлены на раннеспелых сортах (фаза растения – начало цветения). Решающее значение для сроков и интенсивности проявления болезни имеет влажность почвы в мае – начале июня. Погодные факторы исследуемого периода сложились благоприятными для развития патогена к второй декаде июля: большое количество осадков, повышенная относительная влажность воздуха, умеренная температура. Все это, а также наличие источников инфекции способствовало распространению и развитию заболевания.

При оценке сортов установлено, что все они поражались фитофторозом. Распространенность его на ботве колебалась от 0,2 до 0,5 %. Абсолютно не поражаемых болезнью сортов не выявлено. К числу наименее поражаемых следует отнести сорт Аврора.

Высокую эффективность в борьбе с фитофторозом показали препараты системного действия на химической основе, наибольший защитный эффект обеспечило применение комбинированного фунгицида Профит Голд, 50 % в. д. г. (0,6 кг/га).

При проведении клубневого анализа на отдельных клубнях была выявлена парша обыкновенная, но ее распространение не превысило 2 %.

В 2021 г. на посадках картофеля повсеместно получил распространение колорадский жук. После уборки клубней развитие колорадского жука продолжалось на других культурах семейства пасленовые. С наступлением осеннего похолодания вредители уходили в почву на зимовку.

При обработке картофеля использовался современный инсектицид Престиж. Установлено, что препарат Престиж показал стабильно высокую биологическую эффективность с продолжительным защитным действием и повторной обработки

не потребовалось. Полученные результаты подтверждают целесообразность применения данного препарата.

В процессе вегетации проводили фитопрочистки, что позволило сохранить оздоровленный картофель свободным от вирусных болезней. По результатам тестирования на скрытую зараженность методом ИФА отмечено, что вирусом Х были поражены сорта Удача, Загадка Питера и Аврора до 2 %, вирусом М – сорта Ломоносовский, Сиреневый туман, Евразия – 3 %.

Наиболее продуктивными и перспективными для выращивания в Нечерноземной зоне Российской Федерации являются сорта картофеля Гусар, Чародей, Реал, Аврора.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе исследования были выявлены сорта, обладающие высокой пластичностью и продуктивностью для условий Нечерноземного региона России, – Гусар, Реал, Чародей, Аврора, которые показывают высокую урожайность, а также устойчивость к вирусным и другим болезням.

Максимальный показатель коэффициента адаптивности в Псковской области был отмечен у сорта Гусар – 1,31, наименьшим обладал сорт Загадка Питера – 0,89. В Тверской области наибольший коэффициент был зафиксирован также у сорта Гусар – 1,19, а минимальный – у сорта Сиреневый туман – 0,87.

При борьбе с фитофторозом высокую эффективность показали препараты системного действия на химической основе, наибольший защитный эффект обеспечило применение комбинированного фунгицида Профит Голд, 50 % в. д. г. (0,6 кг/га). Препарат Престиж при воздействии на колорадского жука показал стабильно высокую биологическую эффективность. Полученные результаты подтверждают целесообразность применения данного препарата.

Список литературы

1. Животков, Л. А. Методика выявления потенциальной продуктивности и адаптивности сортов и селекционных форм озимой пшеницы по показателю «урожайность» / Л. А. Животков, З. А. Морозова, Л. И. Секатуева // Селекция и семеноводство. – 1994. – № 2. – С. 3–6.
2. Молявко, А. А. Коэффициент адаптивности сорта картофеля определяет его продуктивность / А. А. Молявко, А. В. Махруленко, Н. П. Борисов // Картофель и овощи. – 2012. – № 3. – С. 10–13.
3. Оригинальное семеноводство картофеля в условиях Кемеровской области / Н. А. Лапшинов [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, 2013. – Т. 21. – Ч. 2. – С. 81–90.
4. Федорова, Ю. Н. Сорта картофеля отечественной селекции в лаборатории микрореклонального размножения растений / Ю. Н. Федорова, Н. В. Лебедева // Изв. Великолукской гос. с.-х. акад. – 2018. – № 3. – С. 9–13.
5. Шабанов, А. Э. Параметры потенциальной урожайности сортов картофеля селекционного центра ВНИИКХ / А. Э. Шабанов, А. И. Киселев, Л. С. Федотова // Земледелие. – 2018. – № 5. – С. 34–36.

Поступила в редакцию 14.09.2021 г.

Yu. N. FEDOROVA, L. N. FEDOROVA, M. B. TELPUK, M. I. ZAITSEVA

**ADAPTABILITY OF DOMESTIC POTATO VARIETIES
IN THE CONDITIONS OF THE NON-BLACK EARTH
REGION OF RUSSIA**

SUMMARY

The article presents the study results on a comprehensive assessment of varieties from the Velikiye Luki State Agricultural Academy collection in the conditions of the Non-black Earth Region of Russia. The data were obtained for the Pskov and Tver regions. The varieties of the collection belong to different ripeness groups and were obtained by different selective breeding organizations. The adaptive potential of potato varieties of different ripeness groups under annually changing weather conditions has been estimated. In the course of research, varieties with high plasticity and productivity were identified. All varieties are characterized by high yield and resistance to diseases.

Key words: potatoes, variety, yield, adaptability, productivity indicators.

РАЗДЕЛ 2

ГЕНЕТИКА КАРТОФЕЛЯ

УДК 635.21:631.524.86:631.527.8

<https://doi.org/10.47612/0134-9740-2021-29-51-57>

И. А. Михалькович, Д. В. Башко, А. В. Кондратюк, В. А. Козлов

РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук

Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству»,

аг. Самохваловичи, Минский район

E-mail: geneticabelbulba@mail.ru

ВЫДЕЛЕНИЕ ИСТОЧНИКОВ УСТОЙЧИВОСТИ К ПАТОГЕНАМ СРЕДИ ДИКИХ ВИДОВ *SOLANUM* КОЛЛЕКЦИИ *IN VITRO* С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОЛЕКУЛЯРНЫХ МАРКЕРОВ

РЕЗЮМЕ

Оценены образцы диких видов Solanum из коллекции in vitro на устойчивость к PVX, PVY, PVS, PVM, раку картофеля, золотистой и бледной нематоды, фитофторозу. Проведен скрининг линий с использованием ДНК-маркеров. Выделены генотипы картофеля с отдельными изучаемыми маркерами генов устойчивости, также с комплексом маркеров генов устойчивости.

Ключевые слова: картофель, устойчивость, PVX, PVY, PVS, PVM, рак картофеля, нематода, фитофтороз, дикие виды, молекулярные маркеры, Беларусь.

ВВЕДЕНИЕ

Многие дикие виды картофеля рассматриваются как перспективные источники устойчивости к разнообразным патогенам, в связи с этим оценка на наличие таких генов представляет несомненный интерес. Разработан ряд методов, позволяющих с высокой эффективностью выявлять гены, определяющие устойчивость к болезням и вредителям картофеля. Преимущество данных методов связано с возможностью проведения оценки селекционного материала по генотипу. Такая оценка, в отличие от оценки по фенотипу, несомненно, более точная, не зависит от внешних факторов, во многих случаях менее трудоемкая, ее можно применять на ранних этапах селекционного процесса, в любое время года [1, 7, 8].

Наиболее простым и эффективным является метод, основанный на полимеразной цепной реакции (ПЦР) ДНК изучаемого организма со специфическими праймерами, называемыми также ПЦР-маркерами. ПЦР-маркеры создаются с учетом знаний последовательности участков ДНК, ассоциированных с конкретными генами, и позволяют выявлять наличие таких генов вне зависимости от их фенотипического проявления.

Селекция с использованием молекулярных маркеров находит все более широкое применение при создании источников с комплексной устойчивостью к патогенам [2, 4, 5].

В данной статье представлены результаты оценки образцов диких видов картофеля из коллекции *Solanum in vitro* на наличие гена *Rx1* или *Rx_{and}* устойчивости к PVX, двух генов устойчивости к PVY (*Ry_{and}* и *Ry_{chc}*), гена *Ns* сверхчувствительной реакции к PVS, определение гена *Rm* сверхчувствительности к PVM, гена *Sen1* иммунитета к раку картофеля

(*Synchytrium endobioticum*), генов *H1*, *Gro1-4* к золотистой картофельной нематоде (*Globodera rostochiensis*) и *Gpa2* к бледной нематоде картофеля (*Globodera pallida*), четырех генов устойчивости к фитофторозу картофеля (*Phytophthora infestans*) (*R1_{dms}*, *R3b_{dms}*, *Rpi-blb1*, *Rpi-sto1*). Целью исследования являлось выявление новых генетических источников, которые представят особый интерес для использования в селекции [3, 6, 9].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Материалом для исследований по скринингу на гены устойчивости служили 30 образцов 12-ти диких видов картофеля из коллекции *Solanum in vitro* РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству» (табл. 1).

Для оценки образцов на наличие генов устойчивости к *Phytophthora infestans* проведено молекулярное маркирование со SCAR-маркером Blb1-820, позволяющим установить наличие гена *Rpi-blb1* устойчивости от дикого вида *S. bulbocastanum* и SCAR-маркерами *R1₁₂₀₅* и *R3b₃₇₈*, позволяющими определить одноименные гены устойчивости от *S. demissum* (*R1_{dms}*, *R3b_{dms}*). Наличие гена *Rpi-sto1* высокой долговременной устойчивости к фитофторозу от дикого вида *S. stoloniferum* определяли при помощи SCAR-маркера *Rpi-sto1-890*.

Наиболее эффективную защиту от картофельных цистообразующих нематод обеспечивают гены *H1*, *Gro1-4* и *Gpa2*. Для определения устойчивости к *Globodera rostochiensis* использовали SCAR-маркеры *N146₅₀₆*, *N195₃₃₇* и *57R₄₅₀* для идентификации гена *H1*, SCAR-маркер *Gro1-4₆₀₂*, сцепленный с геном *Gro1-4*. Для определения устойчивости к *Globodera pallida* применяли один STS-маркер *Gpa2-2₄₅₂* для идентификации гена *Gpa2*.

Один из основных доминантных генов иммунитета к патотипу 1 *Synchytrium endobioticum* является ген *Sen1*. Присутствие доминантной аллели данного гена диагностировали с помощью SCAR-маркера *NL25₁₄₀₀*, созданного на основе сиквенса RFLP-фрагмента с таким же названием.

Скрининг исследуемого материала на наличие R-генов устойчивости к PVY проводили с использованием SCAR-маркера *RYSC3₃₂₁* для идентификации гена *Ry_{adg}* и STS-маркера *Ry364₃₇₀* для определения гена *Ry_{chc}*.

Таблица 1 – Изученные образцы диких видов *Solanum* коллекции *in vitro*

Вид	Аббревиатура	Номер образца	Номер линии
<i>S. acaule</i>	acl	Л46	1,11,17
<i>S. andigenum</i>	adg	A3	A3
<i>S. bulbocastanum</i>	blb	S.b.	S.b.
		Л45	3,7
<i>S. chacoense</i>	chc	A	A6, A15
<i>S. demissum</i>	dms	Л31	36,41
		Л68	9
<i>S. jamesii</i>	jam	Л23	Л23
<i>S. polyadenium</i>	pld	Л39	2,5,11
<i>S. phureja</i>	phu	394ZP35/ivp35	ivp35
		231ZP48/ivp48	Ivp48
<i>S. stoloniferum</i>	sto	Л32	5,8,10
		S.st	S.st
<i>S. tarijense</i>	tar	Л77	20,23
<i>S. vernei</i>	vrn	D54	D54
		Л75	15,16,17
<i>S. verrucosum</i>	ver	Л70	4
		Л71	3

РАЗДЕЛ 2. ГЕНЕТИКА КАРТОФЕЛЯ

Крайняя устойчивость к вирусу X интрогрессирована в культурные сорта картофеля из полукультурного вида *S. tuberosum ssp. andigena*. Для определения гена *Rx1* или *Rx_{and}* использовали аллель-специфический маркер 221R и маркер PVX.

Определение гена *Rm* сверхчувствительности к вирусу М проводили с использованием пары маркеров SCAR-маркер SC878₈₈₅ и ISSR-маркер UBC822₁₀₇₉.

Устойчивость к PVS передана в культурный картофель от *S. andigenum* – источника гена *Ns* сверхчувствительной реакции, определяли данный ген с использованием ISSR-маркера UBC811₆₆₀ (табл. 2).

Выделение геномной ДНК из растений *in vitro* осуществляли с помощью наборов реагентов для выделения ДНК «Нуклеосорб» комплектация «С» производства фирмы «Праймтех» (Республика Беларусь) согласно протоколу производителя. Качество полученной ДНК определяли проведением ПЦР-реакции с праймерами ВСН, являющимися

Таблица 2 – Характеристика маркеров R-генов устойчивости картофеля, использованных в работе

Определяемый ген	Название маркера	Нуклеотидная последовательность праймера от 5' к 3'	Размер маркерного фрагмента (п. н.-пар нуклеотидов)
<i>Rx1</i>	221 R F	GCTTACATTTGCTCGAAGAAGCCAC	800
	221R R	CCTTAATAATCAATAGATTCAACTCG	
<i>Rx_{and}</i>	PVX F	ATCTTGGTTTGAATACATGG	1230
	PVX R	CACAATATTGGAAGGATTCA	
<i>Ry_{adg}</i>	RYSC3 (ADG23) F	AGGATATACGGCATCATTTTCCGA	321
	RYSC3 (3.3.3.S) R	ATACACTCATCTAAATTTGATGG	
<i>Ry_{chc}</i>	Ry364 F	CTATTATAAGTCTGGTACTAGGACG	370
	Ry364 R	GGCTATATGTTCAATGAATTCATGCTAA	
<i>Ns</i>	UBC811	GAGAGAGAGAGAGAGAC	660
<i>Rm</i>	UBC822	TCTCTCTCTCTCTCA	1079
<i>Rm</i>	SC878 F	GGATGGATGGATGAGGAGGAACT	885
	SC878 R	CCGACTAGCGATTTGGATGC	
<i>Sen1</i>	NL25F	TATTGTTAATCGTTACTCCCTC	1400
	NL25R	AGAGTCGTTTTACCGACTCC	
<i>H1</i>	N 146 F	AAGCTCTTGCCTAGTGCTC	506
	N 146 R	AGGCGGAACATGCCATG	
	N 195 F	TGGAAATGGCACCCACTA	337
	N 195R	CATCATGGTTTCACTTGTAC	
	57 F	TGCCTGCCTCTCCGATTTCT	
57 R	GGTTCAGCAAAAGCAAGGACGTG	450	
<i>Gro1-4</i>	Gro 1-4 F	AAGCCACAACCTCTACTGGAG	602
	Gro 1-4 R	GATATAGTACGTAATCATGCC	
<i>Gpa2</i>	Gpa 2-1 F	TTTAGCACGGAATGTGGGGA	452
	Gpa 2-1 R	GTTTCCCCATCAAACTCAC	
<i>Rpi-blb 1</i>	B1b1-820 F	AACCTGTATGGCAGTGGCATG	820
	B1b1-820 R	GTCAGAAAAGGGCACTCGTG	
<i>R1_{dms}</i>	R1 F	CACTCGTGACATATCCTCACTA	1205
	R1 R	GTAGTACCTATCTTATTTCTGCAAGAAT	
<i>R3b_{dms}</i>	R3b F	GTCGATGAATGCTATGTTTCTCGAGA	378
	R3b R	ACCAGTTTCTTGCAATTCCAGATTG	
<i>Rpi-sto1</i>	Rpi-sto1-890 F	ACCAAGGCCACAAGATTCTC	890
	Rpi-sto1-890 R	CCTGCGGTTTCGGTTAATACA	

внутренним положительным контролем, амплифицирующимся у любых образцов картофеля.

Реакцию проводили на амплификаторе Veriti (Applied Biosystems, США). Визуализацию продуктов амплификации осуществляли разделением в 2 %-м агарозном геле, окрашенном бромистым этидием, с последующей регистрацией результатов с помощью оборудования системы геледокументирования DOC-PRINT-VX2 (Германия).

Для приготовления реакционной смеси 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 для доведения объема смеси до рассчитанного. 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. Исползованные в работе праймеры синтезированы в ОДО «Праймтех».

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В результате проведенных исследований по определению наличия ДНК-маркеров на гены устойчивости к PVX, PVY, PVS, PVM, раку картофеля, золотистой и бледной нематоды, фитофторозу картофеля были получены данные, приведенные в таблице 3.

С высокой частотой представлен маркер Ry364 (90 % – 27 образцов), позволяющий выявлять ген устойчивости к YBK (Ry_{chc}). Относительно высокой является частота в популяциях другого гена – Ry_{and} , определяемого маркером RYSC3 с ожидаемым размером фрагмента 321 пара нуклеотидов. Этот ген устойчивости к Y-вирусу картофеля присутствовал в 20 образцах (66,7 %). Отмечена низкая частота встречаемости маркера 221R, сцепленного с геном устойчивости Rx_1 (13,3 %), и нулевая встречаемость маркера PVX, сцепленного с геном устойчивости Rx_{and} , отвечающих за устойчивость к X-вирусу картофеля.

Частота встречаемости ДНК-маркера UBC811, определяющего ген устойчивости Ns к PVS, была невысокой и составила 23,3 %, однако следует отметить, что все изучаемые образцы видов *S. acaule* и *S. demissum* показали наличие изучаемого маркера в своем генотипе, что вызывает интерес дальнейшего изучения данных видов в этом направлении.

При изучении наличия маркеров UBC822 и SC878 устойчивости к PVM, определяющих ген *Rm*, в каждом генотипе выбранных для изучения образцов четырех диких видов картофеля отмечен отклик на маркер SC878: *S. phureja* (2 образца), *S. polyadenium* (3 образца), *S. vernei* (4 образца), *S. verrucosum* (2 образца). В общей сложности выделено 14 образцов (49,7 %), имеющих по результатам скрининга в своем генотипе маркер SC878, и один образец с маркером UBC822 – A3 (*S. andigenum*).

Наличие гена устойчивости *Sen1* к раку картофеля, присутствие которого определяли с использованием маркера NL25, отмечено в 21-м образце (70 %). Отсутствовал маркер во всех изучаемых образцах диких видов *S. polyadenium*, *S. bulbocastanum*, *S. demissum*, *S. jamesii*, что может говорить о неперспективности изучения образцов этих видов в данном направлении.

По результатам скрининга на наличие гена *H1* устойчивости к золотистой картофельной нематоды отобрано 6 образцов. Образец D54 дикого вида *S. vernei* имеет в своем генотипе три маркера генов устойчивости: N146, N195, 57R; образец A6 дикого вида *S. chacoense* – два маркера устойчивости: N146, N195. Наличие гена *Gro1-4*, определяемого маркером Gro1-4, отмечено в 15 образцах (50 %). В одном изучаемом

РАЗДЕЛ 2. ГЕНЕТИКА КАРТОФЕЛЯ

Таблица 3 – Наличие (+) или отсутствие (-) молекулярных маркеров устойчивости

Образец	Маркер										Нематода			Фитофтороз картофеля				
	PVX	PVY	PVS	PVM	Рак	NI.25	NI.146	NI.195	57R	Gro 1-4	Gra2-2	B1b1-820	R1	R3b	Rpri-sto1-890			
Ир48	-	-	-	+	+	UBC811	UBC822	SC878	NI.25	NI.146	NI.195	57R	Gro 1-4	Gra2-2	B1b1-820	R1	R3b	Rpri-sto1-890
Л175-15	-	+	-	+	+	-	-	+	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-
Л175-16	-	+	-	+	+	-	-	+	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-
А3	+	+	-	+	+	-	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
Л32-8	-	+	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	+	-
Л146-17	-	-	+	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Л139-2	-	+	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Л145-7	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+
Л170-4	-	-	-	+	+	-	-	+	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-
Л168-9	+	+	-	+	+	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+	+	-
S.st	-	+	-	+	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	+	-
D54	+	+	-	+	+	-	-	+	+	+	+	+	-	+	-	-	-	-
Ир35	-	+	-	+	+	-	-	+	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-
А6	-	-	-	+	+	-	-	-	+	+	+	-	+	-	-	-	-	-
Л177-20	-	-	-	+	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Л171-3	-	-	-	+	+	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-
Л175-17	-	-	-	+	+	-	-	+	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-
Л177-23	-	+	-	-	+	-	-	+	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-
Л139-5	-	+	-	+	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Л132-5	-	+	-	+	+	-	-	-	+	+	+	-	+	-	-	-	+	-
Л139-11	-	+	-	+	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Л146-1	-	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Л145-3	-	+	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+
S.b	-	+	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+
А15	-	-	-	+	+	-	-	+	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-
Л131-36	-	+	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	+	-
Л131-41	+	+	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	+	-
Л123	-	+	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Л132-10	-	+	-	+	+	-	-	+	+	-	-	-	+	-	-	-	+	-
Л146-11	-	-	-	+	+	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-

образце D54 (*S. vernei*) был обнаружен маркер Gra2-2 гена устойчивости *Gra2* к бледной картофельной нематоде.

Частота встречаемости ДНК-маркера Blb1-820, сцепленного с геном устойчивости *Rpi-blb1* к фитофторозу картофеля, была низкой. Он присутствовал в 4-х образцах (13,3 %): Л-45-7, Л45-3, S.b. (*S. bulbocastanum*), S.st (*S. stoloniferum*). Маркеры R1 и R3b, определяющие одноименные гены устойчивости к фитофторозу от *S. demissum*, установлены в 3-х (10 %) и 7-ми (23,3 %) образцах соответственно. Наличие гена *Rpi-sto-1* высокой долговременной устойчивости к фитофторозу от дикого вида *S. stoloniferum*, определяемого при помощи SCAR-маркера Rpi-sto-1-890, отмечено в 3-х (10 %) образцах: Л45-7, Л45-3, S.b. от дикого вида *S. bulbocastanum*.

В результате проведенной работы по ДНК-маркированию выделены генотипы картофеля с наличием отдельных маркеров генов устойчивости по изучаемым признакам, также с комплексом маркеров генов устойчивости от двух до восьми в одном генотипе.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ коллекции диких видов картофеля в культуре *in vitro* на наличие ряда ПЦР-маркеров (221R, PVX, RYSC3, Ry364, UBC811, UBC822, SC878, NL25, N146, N195, 57R, Gro1-4, Gra2-2, Blb1-820, R1, R3b, Rpi-sto1-890) показал перспективность поиска материала с комплексом генов устойчивости к ХВК, УВК, СВК, МВК, раку картофеля, золотистой и бледной нематоде, фитофторозу картофеля для дальнейшего использования в селекционной работе.

Выделены образцы, в генотипе которых присутствует комплекс R-генов: Л32-10 (*S. stoloniferum*) – восемь генов устойчивости: *Ry_{adg}*, *Ry_{chc}* (к УВК), *Ns* (к СВК), *Rm* (к МВК), *Sen1* (к раку картофеля), *H1*, *Gro1-4* (к золотистой картофельной нематоде), *R3b_{dms}* (к фитофторозу картофеля); Л31-41, Л68-9 (*S. demissum*), D54 (*S. vernei*) – семь генов; А3 (*S. andigenum*), Л31-36 (*S. demissum*) – шесть генов. У 6-и образцов присутствовали пять генов устойчивости, у 11-ти образцов – четыре, у 4-х – три гена и 3 образца выделены с двумя генами устойчивости. Отмечены дикие виды *S. acaule* и *S. demissum*, представляющие интерес для дальнейшего изучения образцов на наличие гена устойчивости *Ns* к PVS.

Все выделенные образцы рекомендованы для использования в гибридизации в качестве источников устойчивости к ХВК, УВК, СВК, МВК, раку картофеля, золотистой и бледной картофельной нематоде, фитофторозу картофеля.

Список литературы

1. Barone, A. Molecular marker-assisted selection for potato breeding / A. Barone // American Journal of Potato Research. – 2004. – Vol. 81, № 2. – P. 111–117.
2. Marker-assisted combination of major genes for pathogen resistance in potato / C. Gebhardt [et al.] // Theor. Appl. Genet. – 2006. – Vol. 112. – P. 1458–1464.
3. Potato chromosomes IX and XI carry genes for resistance to potato virus M / W. Marczewski [et al.] // Theor. Appl. Genet. – 2006. – Vol. 112. – P. 1232–1238.
4. Диплоидные гибриды между диким аллотетраплоидным видом картофеля *Solanum stoloniferum* и диплоидными клонами культурного картофеля *S. tuberosum*, имеющие геном дикого вида / А. П. Ермашин [и др.] // Доклады Национальной академии наук Беларуси. – 2017. – Т. 61. – № 5. – С. 80–89.
5. Использование RAPD-маркеров в интрогрессивной селекции картофеля на диплоидном уровне / Е. В. Воронкова [и др.] // Картофелеводство : сб. науч. тр. / Науч.-практ.

центр Нац. акад. наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству. – Минск, 2007. – Т. 12. – С. 28–37.

6. Оценка исходного материала картофеля по составу и аллельному состоянию генов устойчивости к болезням и вредителям с целью оптимизации подбора родительских форм для гибридизации : метод. рекомендации / А. П. Ермишин [и др.] ; под ред. А. П. Ермишина ; Институт генетики и цитологии НАН Беларуси. – Минск, 2016. – 56 с.

7. Оценка коллекции дигаплоидов *Solanum tuberosum* на наличие R-генов к комплексу патогенов картофеля с помощью ПЦР-анализа / Е. В. Воронкова [и др.] // Картофельводство : сб. науч. тр. / Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству ; редкол.: В. Г. Иванюк (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2009. – Т. 16. – С. 6–21.

8. Поиск источников генов устойчивости к патогенам среди образцов селекционно-генетических коллекций ВНИИКХ с использованием молекулярных маркеров / В. А. Бирюкова [и др.] // Защита картофеля. – 2015. – Т. 1. – С. 3–7.

9. Устойчивость картофеля к карантинным болезням / А. В. Хютти [и др.] // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2017. – № 21 (1). – С. 51–61.

Поступила в редакцию 19.10.2021 г.

I. A. MIHALKOVICH, D. V. BASHKO, A. V. KONDRATYUK,
V. A. KOZLOV

SELECTION OF PATHOGEN RESISTANT GENOTYPES AMONG THE *IN VITRO* COLLECTION OF *SOLANUM* WILD SPECIES USING DNA MARKERS

SUMMARY

The samples from the in vitro collection of wild Solanum species were evaluated for resistance to PVX, PVY, PVS, PVM, Synchytrium endobioticum, Globodera rostochiensis, Globodera pallida, Phytophthora infestans. The screening of lines using DNA markers was carried out. The genotypes of potatoes with a single marker and with a complex of markers of resistance genes were identified.

Key words: potatoes, resistance, PVX, PVY, PVS, PVM, *Synchytrium endobioticum*, *Globodera rostochiensis*, *Globodera pallida*, *Phytophthora infestans*, wild species, DNA markers, Belarus.

УДК 635.21:631.524.86:577.21

<https://doi.org/10.47612/0134-9740-2021-29-58-69>

**Н. В. Русецкий, В. А. Козлов, И. А. Михалькович, Д. В. Башко,
А. В. Кондратюк, А. В. Чашинский, Т. В. Семанюк**

РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук
Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству»,

аг. Самохваловичи, Минский район

E-mail: nicrw@mail.ru; Wiko@mail.ru

СКРИНИНГ СЕЛЕКЦИОННОГО И КОЛЛЕКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА КАРТОФЕЛЯ НА УСТОЙЧИВОСТЬ К М- И S-ВИРУСАМ С ПРИМЕНЕНИЕМ МОЛЕКУЛЯРНЫХ МАРКЕРОВ

РЕЗЮМЕ

В статье представлены результаты исследований по оценке образцов картофеля, созданных в лаборатории генетики картофеля, и сортов, поддерживаемых в коллекционном питомнике РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству», на устойчивость к М- и S-вирусам, и выделению источников устойчивости к этим патогенам с применением ДНК-маркеров. По данным проведенных исследований выделен ряд устойчивых форм с наличием маркеров: SC878₈₈₅ к гену Gm, GP250₅₁₀ UBS822₁₀₇₉ к гену Rm и маркеров SCG17₃₂₁ и UBC811₆₆₀ к гену N_S, которые могут быть использованы в селекции картофеля на вирусоустойчивость.

Ключевые слова: картофель, образец, гибрид, М-вирус картофеля, S-вирус картофеля, ПЦР, ДНК-маркер, устойчивость.

ВВЕДЕНИЕ

Картофель, как культура вегетативно размножаемая, способен поражаться большим количеством различных вирусов, сохраняющихся и передающихся через клубневой посадочный материал. Ввиду большого разнообразия патогенов вирусной природы создание устойчивых к нескольким вирусам сортов является очень трудоемким процессом. Путь получения новых сортов картофеля – это гибридизация тетраплоидных гетерозигот. Следовательно, для гибридных популяций характерен широкий диапазон вариабельности и сложный характер расщепления оцениваемых признаков, что существенно затрудняет отбор генотипов с желаемой комбинацией генов хозяйственно ценных признаков, что, в свою очередь, предопределяет необходимость испытания больших объемов гибридных семян [1]. При этом большинство применяемых в селекции картофеля методов испытания и отбора гибридов далеки от совершенства, так как основаны на фенотипической оценке генотипов, точность которой может быть подвержена действию средообразующих факторов. В особенности это относится к методам оценки признаков устойчивости к болезням и вредителям. Многие из них трудоемки и продолжительны во времени, недостаточно точны.

Как правило, выявление ДНК-маркеров генов устойчивости менее затратно по использованию трудовых и денежных ресурсов в сравнении с фенотипической

оценкой соответствующих признаков. Один из плюсов использования этого метода заключается в том, что его можно применять в любое время года вне зависимости от внешних условий [2–4].

Наибольшее значение применение ДНК-маркеров в селекции картофеля имеет при оценке исходного материала. Информация о наличии определенных хозяйственно ценных генов, в частности, генов устойчивости к болезням и вредителям, позволяет оптимизировать подбор родительских форм, прогнозировать вероятность отбора обладающих желательными признаками семян среди гибридов, полученных в результате их скрещивания. Применяя ДНК-технологии, можно значительно упростить пирамидирование в одном генотипе генов устойчивости к различным патогенам или пирамидирование генов устойчивости к одному патогену, но происходящих из разных источников [3, 5].

Объекты исследования: S-вирус картофеля (SBK, Potato virus S, PVS) и M-вирус картофеля (MBK, Potato virus M, PVM) относятся к роду *Carlavirus*. Оба эти вируса способны передаваться как контактно-механическим путем, так и с помощью векторов – тлями, клопами и картофельной коровкой. В настоящий момент по степени распространенности на картофеле эти вирусы заняли лидирующие позиции в большинстве стран мира. В нашей республике, по данным мониторинга распространения вирусных болезней, проведенном в 2005–2010 гг., пораженность посадок картофеля хозяйств 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.

В ряде своих работ мы указывали на широкое распространение S- и M-вирусов и необходимость вовлечения в селекционный процесс источников устойчивости к этим патогенам [6, 7]. Вредоносность этих вирусов варьирует в широких пределах. Так, по данным одних авторов, потери урожая при смешанной инфекции S- и X-вирусов составляют от 21,1 до 83,8 % [8]. По данным других – не превышают 10,0–20,0 % [9]. Вирус S чаще всего находится в растениях картофеля в латентной (скрытой) форме. Основными симптомами его проявления на ботве являются: при поражении сильными штаммами – общий хлороз, отставание в росте, яркая мозаика, крапчатость; слабыми – посветление, слабая мозаичность и бронзовость листьев.

M-вирус картофеля более вредоносен и наряду с Y- и L-вирусами включен в Перечень особо опасных вредителей, болезней растений и сорняков Республики Беларусь [10]. В Республике Польша PVM внесен в список вирусных патогенов, вызывающих тяжелые вирусные заболевания. Симптомы поражения M-вирусом чаще всего проявляются в виде мозаичного закручивания листьев. Кроме того, могут проявляться симптомы в виде пятнистости, мозаики, морщинистости листьев, некроза черешков и стеблей, закручивания и деформации листьев, степень проявления которых варьирует от легкой до тяжелой [11, 12]. При сильной реакции на M-вирус может наблюдаться деформация листьев и торможение роста растений [13]. Потери урожая от заболевания, вызываемого M-вирусом, варьируют от 10 до 75 % [14]. Наибольший ущерб отмечен при поражении сильным штаммом вируса очень чувствительных сортов картофеля.

Самым надежным и экологически безопасным методом, позволяющим предотвратить риск распространения вирусной инфекции и снизить степень ее вредоносности, является создание устойчивых сортов.

Степень устойчивости сортов картофеля к M-вирусу, возделываемых во многих странах мира, невысока и слабо дифференцирована: от 2 до 5 баллов (по шкале 1–9,

где 9 – крайне устойчив). Исключение составляют сорта польской селекции: Triada, Kogona и Kuklik, которые показывают устойчивость к PVM в полевых условиях (оценка 7 баллов) [15].

Для успешной селекции необходимым условием является наличие доноров устойчивости к патогену с эффективными генами, контролирующими этот признак. Сложность создания устойчивых к М- и S-вирусам исходных форм и сортов в первую очередь обусловлена отсутствием или незначительным количеством надежных генетических источников этого признака как среди диких видов, так и внутри вида *Solanum tuberosum*.

По литературным данным, до настоящего времени у картофеля рода *Solanum* выявлено два типа доминантных генов устойчивости к PVM. Один из них ген *Rm*, отвечающий за гиперчувствительную некротическую реакцию (HS – hyper sensitivity), происходящий от *S. megistacrolobum* [16]. Вторым ген *Gm* выявлен у некоторых образцов *S. gourlayi* и обеспечивает устойчивость к инфекции, связанную с медленным размножением и медленным системным распространением вируса в растениях [17, 18]. Помимо этого устойчивые к М-вирусу образцы были выделены среди видов *S. stoloniferum* и *S. microdontum* [19].

В селекции на устойчивость к S-вирусу в основном используется тип устойчивости, связанный со сверхчувствительной реакцией, которая была обнаружена у бразильской линии PI 258907 (*ssp andigena*) и обусловлена одним доминантным геном *Ns*. Получены сорта картофеля, содержащие этот ген, – Szygnal, Fantasia, Adretta, Barycz, Клера, Meduza, Omulew и др. [16].

Однако, несмотря на достигнутые успехи в этом направлении селекции, форм картофеля, устойчивых ко многим патогенам, адаптированных к определенным почвенно-климатическим условиям и обладающих комплексом хозяйственно полезных признаков, недостаточно. Поэтому селекционный процесс в этом направлении является непрерывным и постоянным.

В последние годы для целенаправленного отбора генотипов растений с требуемыми характеристиками во многих странах мира разрабатывают и используют молекулярные маркеры генов устойчивости. В отношении доминантного гена *Ns* устойчивости к S-вирусу W. Marczewski, K. Ostrowska, E. Zimnoch-Guzowska [20] идентифицировали 4 RAPD-маркера, сцепленных с этим геном. С помощью STS-маркера GP126, CAPS-маркеров GP189 и CP16 (рестриктазы HaeIII и HindIII соответственно) была установлена локализация гена *Ns* в 8-й хромосоме [21]. На основе последовательности ISSR-маркера UBC811₆₆₀ был разработан сцепленный с геном *Ns* SCAR-маркер SC811₄₅₄ [22]. Однако K. Szajko и др. показали, что SCAR-маркер SC811₄₅₄ может амплифицироваться и в PVS-восприимчивых сортах картофеля. Для определения таких *Ns*-ложноположительных маркеров продукты ПЦР необходимо обработать рестриктазой MboI или FokI [23].

Для одновременного тестирования двух генов устойчивости *Ry-fsto* к Y-вирусу и *Ns* к PVS K. Witek и др. [24] разработали метод мультиплексной ПЦР на основе использования CAPS-маркеров GP122₅₆₄ и SC811₂₆₀ и рестриктаз EcoRV и MboI. Эффективность этой методики для использования в маркер-сопутствующей селекции была подтверждена на 55 сортах картофеля.

Молекулярные маркеры к генам устойчивости к PMV были разработаны W. Marczewski и др. [25]. Это ISSR-маркеры UBC878₉₆₂ и UBC864₈₁₆, которые были конвертированы в SCAR-маркеры 115 SC878₈₈₅ и SC864₈₁₆, сцепленные с *Gm* и *Rm* локусами соответственно. На близком расстоянии от гена *Rm* находится маркер UBC822₁₀₇₉,

а маркеры GP250₅₁₀ и GP283₃₂₀ расположены еще ближе к этому гену (на расстоянии 0,8 сМ). В исследованиях Е. А. Волуевич, Н. В. Павлючук [26] использование маркеров GP250₅₁₀, GP283₃₂₀ и UBC822₁₀₇₉ позволило выявить присутствие гена *Rm* в таких сортах белорусской селекции, как Аксамит, Атлант, Бриз, Ветразь, Дар, Дельфин, Дубрава, Живица, Журавинка, Каприз, Колорит, Криница, Манифест, Нептун, Одиссей, Орбита, Прамень, Скарб, Сузорье, Талисман, Уладар, Явар, Янка. Ген *Gm* был выявлен с помощью маркера SC878₈₈₅ у двух белорусских гибридов [26–28].

Целью проводимых исследований являлось выделение с применением методов ИФА и ПЦР генетических источников, имеющих в своем генотипе аллели, отвечающие за устойчивость к S- и M-вирусам картофеля.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Материалом исследования служили селекционные образцы, созданные в лаборатории генетики картофеля Центра, а также сорта мирового генофонда картофеля.

Полевые опыты были заложены на опытном поле селекционного севооборота РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству» в аг. Самохваловичи. Почва участка – дерново-подзолистая, среднесуглинистая, подстилаемая моренным суглинком. Предшественник – редька масличная на семена. Площадь опытного поля – 0,2 га.

В период вегетации проводили необходимые учеты и наблюдения по внешним симптомам развития вирусных болезней, а в фазу бутонизации – цветения растений картофеля – ИФА на содержание вирусной инфекции. Во время уборки осуществляли учет продуктивности, скороспелости (по фенологии), окраски и формы клубней, компактности гнезда, длины столонов и ряда других признаков согласно Методике исследований по культуре картофеля [29]. В послеуборочный период проводили определенные содержания крахмала по удельному весу.

В зимне-весенний период в условиях климакамеры селекционно-гибридного модуля высаживали межвидовые гибриды и сорта коллекционного питомника. Образцы помещали в двухлитровые сосуды, наполненные торфяным субстратом. Осуществляли регулярный полив. В фазу от полных всходов до бутонизации проводили тестирование исследуемых образцов на содержание скрытой вирусной инфекции методом ИФА. Всего на устойчивость к вирусам было изучено 89 образцов, из них 20 сортов и образцов коллекции мирового генофонда и 69 гибридов, созданных в лаборатории генетики Центра.

Иммуноферментный анализ (ELISA) на наличие вирусной инфекции выполняли сотрудники лаборатории иммунодиагностики картофеля Центра согласно протоколам к диагностическим наборам.

Оценку родительских форм и гибридного селекционного материала картофеля на наличие ДНК-маркеров известных генов устойчивости к S-вирусу – *Ns*; к M-вирусу – *Gm* и *Rm* проводили в лаборатории генетики картофеля. Идентификацию доминантных аллелей генов *Ns*, *Gm* и *Rm* выполняли в рабочей коллекции выделенных ДНК.

Наличие гена *Gm*, отвечающего за устойчивость к M-вирусу картофеля, осуществляли при помощи SCAR-маркера SC878₈₈₅. Выявление второго гена устойчивости к MBK – *Rm* проводили с использованием двух маркеров – GP250₅₁₀ (CAPS) и UBC822₁₀₇₉ (ISSR). Идентификацию гена устойчивости к S-вирусу картофеля устанавливали с применением двух маркеров – SCAR-маркера SCG17₃₂₁ и ISSR-маркера UBC811₆₆₀ [22, 25].

ДНК образцов выделяли из зеленых свежесобранных листьев, взятых из среднего яруса куста. Выделение геномной ДНК из растений *in vivo* осуществляли с помощью наборов реагентов для выделения ДНК «Нуклеосорб» комплектация «С» производства

фирмы «Праймтех» (Республика Беларусь) согласно протоколу производителя. Качество полученной ДНК определяли проведением ПЦР-реакции с праймерами ВСН, являющимися внутренним положительным контролем, амплифицирующимся у любых образцов картофеля.

Реакцию проводили на амплификаторе Veriti (Applied Biosystems, США). Визуализацию продуктов амплификации осуществляли разделением в 2 %-м агарозном геле, окрашенном бромистым этидием, с последующей регистрацией результатов с помощью оборудования системы геледокументирования DOC-PRINT-VX2 (Германия).

Для приготовления реакционной смеси 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 для доведения объема смеси до рассчитанного. 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. Используемые в работе праймеры синтезированы в ОДО «Праймтех».

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

С целью оценки и выделения образцов картофеля, устойчивых к S- и M-вирусам, был проведен иммуноферментный анализ селекционных гибридов и сортов мирового генофонда картофеля, включающий 89 образцов, на наличие пораженности их PVS и PVM. Для этого в зимне-весенний период были осуществлены подбор и высадка в условиях климакамеры селекционно-гибридного модуля межвидовых гибридов с учетом предварительных данных об относительной устойчивости к S- и/или M-вирусам по результатам полевых испытаний и диагностики методом иммуноферментного анализа. По данным ИФА выявлено 45 высокоустойчивых образцов: к S-вирусу – 24, к M-вирусу – 11, к S+M-вирусам – 10 (табл. 1).

Детекцию генов *Gm* и *Rm* устойчивости к вирусу картофеля M и гена *Ns*, устойчивости к S-вирусу картофеля осуществляли с использованием молекулярных маркеров, разработанных W. Marczewski и др. (табл. 2).

У отобранных по устойчивости к исследуемым вирусам форм картофеля была выделена ДНК с целью определения наличия генов устойчивости (*Ns*, *Gm* и *Rm*) со специфическими маркерами к S- и M-вирусам.

Оценку образцов на наличие ПЦР-маркеров генов устойчивости проводили среди ДНК, выделенных из биологического материала селекционных гибридов и сортов мирового генофонда картофеля.

Присутствие гена *Ns*, отвечающего за устойчивость к S-вирусу картофеля, устанавливали с помощью SCAR-маркера SCG17₃₂₁. Определяемый маркер выявлен у 75,3 % изучаемых образцов картофеля. В качестве второго маркера для идентификации гена устойчивости *Ns* использовали ISSR-маркер UBC811₆₆₀. Наличие двух маркеров генов (SCG17₃₂₁ и UBC811₆₆₀) отмечено у 45 образцов, что составляет 66,2 % от изученных по данному признаку образцов.

Для выявления генов, отвечающих за устойчивость к M-вирусу, использовали SCAR-маркер SC878₈₈₅, CAPS-маркер GP250₅₁₀ и ISSR-маркер UBC822₁₀₇₉. На рисунке в качестве примера приведен фрагмент результата амплификации с праймером UBC822₁₀₇₉ для определения гена *Rm* сверхчувствительности к вирусу M.

Данные по молекулярному скринингу генов, отвечающих за устойчивость к S- и M-вирусам, у исследуемых образцов картофеля представлены в таблице 3.

РАЗДЕЛ 2. ГЕНЕТИКА КАРТОФЕЛЯ

Таблица 1 – Результаты тестирования межвидовых гибридов на содержание латентной вирусной инфекции, ИФА, 2021 г.

Образец	Наличие устойчивости к вирусам		Образец	Наличие устойчивости к вирусам	
	SBK	MBK		SBK	MBK
166-14-7	+	-	83ya13-4	+	-
142-14-40	+	-	кс159х13-6	+	+
137-14-28	+	-	кс1х13-13	+	+
155-13-20	+	-	кс82у13-4	+	+
144-14-6	+	+	7mya15-3	+	+
70-15-2	+	-	127mya15-8	-	+
241-15-2	+	-	108y15-19	+	-
70-15-2	-	+	195ya15-11	-	+
138-14-4	-	+	60ум15-7	-	+
162-13-1	-	+	60ум15-1	-	+
166-13-1	-	+	7mya15-9	+	-
201306-12	+	-	43y15-7	+	-
201317-52	+	-	кс22у13-8	+	-
201502-2	+	-	195ya15-8	+	+
01503-3	+	-	180y15-12	+	-
215.50-20	+	-	215.45-14	+	-
215.211-1	-	+	215.110-3	+	-
нд.214/11-1	+	-	13/24-20	+	-
215.64-9	-	+	13/40-15	+	+
215.230-19	+	+	214.10-13-13	+	+
215.103-13	-	+	215.30-10	+	-
11/89-9	+	+	215.20-10	+	-
215.309-11	+	-	-	-	-

Примечание. «+» – наличие устойчивости; «-» – отсутствие устойчивости.

Таблица 2 – Характеристика маркеров генов устойчивости картофеля к S- и M-вирусам

Ген	Вирус	Название маркера	Тип маркера	Нуклеотидная последовательность праймера 5'→3'	Источник
<i>Gm</i>	PVM	SC878 ₈₈₅	SCAR	F: GGATGGATGGATGAGGAGGAAACT R: CCGACTAGCGATTTGGATGC	W. Marczewski и др. (2006)
<i>Rm</i>	PVM	GP250 ₅₁₀	CAPS	F: AGTTCAACACCGTAGGAC R: GACATCAAGTTACCTATGAC	
<i>Rm</i>	PVM	UBC822 ₁₀₇₉	ISSR	TCTCTCTCTCTCTCA	
<i>Ns</i>	PVS	SCG17 ₃₂₁	SCAR	F: ACGACCGACACTCAAATTTGTACA R: ACGACCGACAAGAGGACCAAGGGAATAAC	W. Marczewski и др. (2001)
<i>Ns</i>	PVS	UBC811 ₆₆₀	ISSR	GAGAGAGAGAGAGAC	

РАЗДЕЛ 2. ГЕНЕТИКА КАРТОФЕЛЯ



Рисунок – Фрагмент результата амплификации с праймером UBC822₁₀₇₉ для определения гена *Rm* сверхчувствительности к вирусу М

Примечание. М – маркер молекулярного веса; размер маркерного фрагмента 1079 п. н.

Таблица 3 – Результаты молекулярного скрининга генов, отвечающих за устойчивость к S- и М-вирусам картофеля, 2021 г.

№ п/п	Сорт, гибрид	Наличие маркеров к генам устойчивости к вирусам				
		к гену <i>Ns</i> (PVS)		к гену <i>Gm</i> (PVM)	к гену <i>Rm</i> (PVM)	
		SCG17 ₃₂₁	UBC811 ₆₆₀	SC878 ₈₈₅	GP250 ₅₁₀	UBC822 ₁₀₇₉
1	001125-85	+	–	Н/д	Н/д	Н/д
2	01501-6	+	+	Н/д	Н/д	Н/д
3	01503-3	+	+	Н/д	Н/д	Н/д
4	127муа15-4	+	–	–	–	+
5	127муа15-8	Н/д	Н/д	–	–	+
6	13/40-10	+	+	Н/д	Н/д	Н/д
7	13/40-6	+	+	+	–	–
8	131уа15-8	+	+	–	+	+
9	136уа15-1	+	+	+	+	–
10	137-14-28	+	–	Н/д	Н/д	Н/д
11	138-14-4	Н/д	Н/д	+	+	–
12	139уа15-2	+	+	+	±	+
13	142-14-40	+	+	Н/д	Н/д	Н/д
14	144-14-6	+	+	+	–	–
15	162-13-1	Н/д	Н/д	–	+	+
16	166-14-7	+	+	Н/д	Н/д	Н/д
17	16Б03-17	+	–	Н/д	Н/д	Н/д
18	16Б03-9	+	–	Н/д	Н/д	Н/д
19	16Б08-4	+	+	Н/д	Н/д	Н/д
20	16П15-5	+	+	Н/д	Н/д	Н/д
21	180у15-12	+	+	Н/д	Н/д	Н/д
22	181уа13-4	+	+	–	+	+
23	183-15-6	Н/д	Н/д	+	–	+
24	194уа15-2	+	+	Н/д	Н/д	Н/д

РАЗДЕЛ 2. ГЕНЕТИКА КАРТОФЕЛЯ

Продолжение таблицы 3

№ п/п	Сорт, гибрид	Наличие маркеров к генам устойчивости к вирусам				
		к гену <i>Ns</i> (PVS)		к гену <i>Gm</i> (PVM)	к гену <i>Rm</i> (PVM)	
		SCG17 ₃₂₁	UBC811 ₆₆₀	SC878 ₈₈₅	GP250 ₅₁₀	UBC822 ₁₀₇₉
25	195ya15-11	Н/д	Н/д	+	-	+
26	195ya15-36	+	+	-	-	+
27	195ya15-8	+	-	+	-	+
28	201.303-14	+	+	Н/д	Н/д	Н/д
29	201306-12	+	+	-	+	+
30	201317-52	+	+	Н/д	Н/д	Н/д
31	201502-2	+	+	Н/д	Н/д	Н/д
32	2024.3-43-6	+	-	Н/д	Н/д	Н/д
33	2-11-19	+	+	Н/д	Н/д	Н/д
34	213.49a-5	Н/д	Н/д	-	-	+
35	214.25-13-1	Н/д	Н/д	+	+	-
36	214/11-1	+	+	Н/д	Н/д	Н/д
37	263-15-7	+	+	Н/д	Н/д	Н/д
38	274-15-3	+	+	Н/д	Н/д	Н/д
39	288-15-4	Н/д	Н/д	+	+	+
40	3-12-4	+	+	Н/д	Н/д	Н/д
41	40xy14-11	Н/д	Н/д	+	+	+
42	46ya13-8	+	+	Н/д	Н/д	Н/д
43	4xys14-11	+	+	+	+	+
44	503-22	+	+	Н/д	Н/д	Н/д
45	50ya15-6	+	+	+	-	-
46	56ум15-3	Н/д	Н/д	+	+	+
47	60ум15-1	Н/д	Н/д	+	-	+
48	60ум15-4	Н/д	Н/д	Н/д	Н/д	+
49	60ум15-6	Н/д	Н/д	+	-	+
50	60ум15-7	Н/д	Н/д	+	-	+
51	61y14-2	Н/д	Н/д	+	-	+
52	66-06-12	+	-	Н/д	Н/д	Н/д
53	70-15-2	+	-	+	-	+
54	70ум15-5	Н/д	Н/д	+	+	+
55	7муа15-1	+	+	Н/д	Н/д	Н/д
56	7муа15-3	+	+	+	-	+
57	7муа15-9	+	-	Н/д	Н/д	Н/д
58	83ya13-4	+	-	Н/д	Н/д	Н/д
59	9-10-11	+	+	-	+	-
60	94y15-5	+	-	Н/д	Н/д	Н/д
61	Коропа (контроль)	Н/д	Н/д	+	-	+
62	Opulew (контроль)	+	+	Н/д	Н/д	Н/д
63	Антонина	+	+	-	-	+
64	Букет	+	+	-	+	+
65	ВИР65	+	+	Н/д	Н/д	Н/д
66	Зарево	+	+	Н/д	Н/д	Н/д
67	Звездаль	+	-	Н/д	Н/д	Н/д
68	К 243446-3	+	-	Н/д	Н/д	Н/д
69	Корона (контроль)	Н/д	Н/д	+	-	+
70	Кристалл	Н/д	Н/д	+	+	+
71	Кс195x13-6	-	-	-	-	-

№ п/п	Сорт, гибрид	Наличие маркеров к генам устойчивости к вирусам				
		к гену <i>Ns</i> (PVS)		к гену <i>Gm</i> (PVM)	к гену <i>Rm</i> (PVM)	
		SCG17 ₃₂₁	UBC811 ₆₆₀	SC878 ₈₈₅	GP250 ₅₁₀	UBC822 ₁₀₇₉
72	Кс1х13-13	+	–	–	–	+
73	Кс22у13-8	+	+	Н/д	Н/д	Н/д
74	Кс3уа15-12	+	–	+	–	+
75	Кс44уа15-5	+	–	+	+	
76	Кс82у13-4	+	–	–	+	+
77	Кс8уа15-10	+	+	Н/д	Н/д	Н/д
78	Кс8уа15-5	+	+	Н/д	Н/д	Н/д
79	Лазарь	+	–	Н/д	Н/д	Н/д
80	Мираж	Н/д	Н/д	+	+	–
81	Н165-2	+	–	+	+	+
82	Накра	+	+	Н/д	Н/д	Н/д
83	Нальчинский	Н/д	Н/д	–	–	+
84	Нур-Алем	+	+	–	+	+
85	Сеним	+	–	–	+	+
86	Сиреневый туман	+	+	+	+	+
87	Сокольский	+	–	Н/д	Н/д	Н/д
88	Триада (контроль)	+	+	Н/д	Н/д	Н/д
89	Янка	+	+	–	+	+

Примечание. «+» – наличие устойчивости; «–» – отсутствие устойчивости; н/д – не диагностировали.

Наличие в геноме двух ДНК-маркеров SC878₈₈₅ и UBS822₁₀₇₉, ассоциированных с изучаемым признаком устойчивости к MBK, было отмечено в 21 образце, или 41,2 % от изучаемой выборки. Маркер GP250₅₁₀ к гену устойчивости *Rm* был определен в 23 образцах картофеля, что составляет 25,8 % от всех изученных.

Присутствие одновременно S- и M-ДНК-маркеров идентифицировано в 25 гибридах (28,0 %). Наличие четырех маркеров (SCG17₃₂₁, UBC811₆₆₀, SC878₈₈₅ и UBC822₁₀₇₉) выявлено в гибридах 139уа15-2 и 7муа15-3 (2,2 %). Все пять изучаемых маркеров отмечены лишь для двух образцов: гибрида 4хус14-11 и сорта Сиреневый туман.

По данным исследований, выделено более 30 образцов картофеля, которые использованы в качестве родительских форм в гибридизации для получения гибридного материала с комплексной устойчивостью к изучаемым вирусам.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований подобраны и высажены в условиях климатической камеры селекционно-гибридного модуля межвидовые гибриды с предварительными данными об относительной устойчивости к S- и/или M-вирусам, а также проведено их тестирование на содержание вирусов методом ИФА. По данным иммуноферментного анализа выявлено 45 высокоустойчивых образцов: к S-вирусу – 24, к M-вирусу – 11, к S+M-вирусам – 10.

Для обнаружения генов устойчивости *Gm*, *Rm* и *Ns* к S- и M-вирусам у свободных от вирусной инфекции образцов проведено выделение ДНК и осуществлен скрининг на наличие ПЦР-маркеров к соответствующим генам.

Присутствие гена *Ns*, отвечающего за устойчивость к S-вирусу картофеля, устанавливали с помощью SCAR-маркера SCG17₃₂₁. Определяемый маркер выявлен у 75,3 % изучаемых образцов картофеля. В качестве второго маркера для идентификации гена

устойчивости *Ns* использовали ISSR-маркер UBC811₆₆₀. Наличие двух маркеров генов (SCG17₃₂₁ и UBC811₆₆₀) отмечено у 45 образцов, что составляет 66,2 % от изученных по данному вирусу образцов.

Для выявления генов, отвечающих за устойчивость к М-вирусу, использовали SCAR-маркер SC878₈₈₅ и ISSR-маркер UBC822₁₀₇₉. Наличие в геноме обоих ДНК-маркеров, ассоциированных с изучаемым признаком устойчивости к МВК, было отмечено в 21 образце, или 41,2 % от изучаемой выборки.

Присутствие одновременно S- и М-ДНК-маркеров отмечено в 25 гибридах (28,0 %), четырех маркеров – в гибридах 139а15-2 и 7муа15-3 (2,2 %). Все пять изучаемых маркеров определены лишь для двух образцов: гибрида 4хуs14-11 и сорта Сиреневый туман.

Исходя из полученных результатов по оценке исследуемых образцов на устойчивость к S- и М-вирусам и наличию у них соответствующих признаков маркеров было выделено более 20 родительских форм, которые были вовлечены в гибридизацию для получения гибридов, устойчивых к комплексу М- и S-вирусов.

Список литературы

1. Генетические основы селекции растений : в 4 т. / под науч. ред. А. В. Кильчевского, Л. В. Хотылевой. – Т. 2 Частная генетика растений. Картофель / А. П. Ермишин, Е. В. Воронкова, В. А. Козлов. – Минск : Беларус. навука, 2010. – С. 156–234.
2. Gebhardt, Ch. Organization of genes controlling disease resistance in the potato genome / Ch. Gebhardt, J. P. T. Valkonen // *Ann. Rev. Phytopathol.* – 2001. – Vol. 39. – P. 79–102.
3. Solomon-Blackburn, R. M. Breeding virus resistant potatoes (*Solanum tuberosum*): a traditional and molecular approaches / R. M. Solomon-Blackburn, H. Barker // *Heredity.* – 2001. – Vol. 86. – P. 17–35.
4. Barone, A. Molecular marker-assisted selection for potato breeding / A. Barone // *Am. J. Potato Res.* – 2004. – Vol. 81. – P. 111–117.
5. Росс, Х. Селекция картофеля. Проблемы и перспективы : пер. с англ. / Х. Росс. – М. : Агропромиздат, 1989. – 183 с.
6. Русецкий, Н. В. Оценка исходного материала картофеля на иммунитет к вирусам картофеля / Н. В. Русецкий // *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. 101–111.
7. Русецкий, Н. В. Испытание селекционного материала картофеля на полевую устойчивость к вирусным болезням / Н. В. Русецкий // *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. 115–122.
8. Круглова, Д. И. Вирусная инфекция и продуктивность растений картофеля / Д. И. Круглова // *Овощеводство и садоводство в Западной Сибири : науч. тр. / Омский с.-х. ин-т им. С. М. Кирова.* – Омск, 1982. – С. 21–25.
9. Павлова, Е. А. Диагностика скрытой вирусной инфекции картофеля – важный этап семеноводства / Е. А. Павлова // *Защита и карантин растений.* – 2014. – № 2. – С. 15–16.
10. Об утверждении перечня особо опасных вредителей, болезней растений и сорняков [Электронный ресурс] : постановление М-ва сельского хоз-ва и прод. Респ. Беларусь, 22 авг. 2006 г., № 48 // Государственный реестр СЗР и удобрений / ГУ «Главная государственная инспекция по семеноводству, карантину и защите растений». – Минск, 2006.
11. Kowalska, A. Differences among isolates of potato virus M and potato virus S / A. Kowalska // *Phytopathol. Z.* – 1978. – Vol. 79. – P. 385–399.

12. Wild *Solanum* species as resistance against different pathogens of potato / J. I. Ruiz de Galarreta [et al.] // Potato Res. – 1998. – Vol. 41. – P. 57–68.
13. Kostiw, M. The occurrence of major potato viruses in Poland / M. Kostiw // J. of Plant Protection Res. – 2011. – Vol. 51, № 3. – P. 204–209.
14. 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. – NR 260/261. – P. 309–324.
15. 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. – NR 243. – P. 227–234.
16. Dziewonska, M. Necrotic reaction to *Potato virus M* in *Solanum stoloniferum* and *Solanum megistacrolobum* / M. Dziewonska, K. Ostrowska // Phytopathol. Zeitschr. – 1977. – Vol. 88. – P. 172–179.
17. 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.
18. 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.
19. Swiezynski, K. Parental line breeding in potatoes / K. Swiezynski // Acta biol. ingosl. Ser. F. Suppl. Beogard. – 1983. – № 3. – P. 99–112.
20. Marczewski, W. Identification of RAPD markers linked to the *Ns* locus in potato / W. Marczewski, K. Ostrowska, E. Zimnoch-Guzowska // Plant Breeding. – 1998. – Vol. 117. – P. 88–90.
21. Marczewski, W. The *Potato virus S* resistance gene *Ns* maps to potato chromosome VIII / W. Marczewski, J. Hennig, C. Gebhardt // Theoretical and Applied Genetics. – 2002. – Vol. 105. – P. 564–567.
22. Marczewski, W. Inter-simple sequence repeat (ISSR) markers for the *Ns* resistance gene in potato (*Solanum tuberosum* L.) / W. Marczewski // J. Appl. Genet. – 2001. – Vol. 42, № 2. – P. 139–144.
23. Endonuclease restriction of SCAR amplicons SC811 is required to identify *Ns*-false-positive markers in PVS-susceptible potato cultivars / K. Szajko [et al.] // J. Appl. Genet. – 2008. – Vol. 49, № 1. – P. 45–47.
24. A multiplex PCR approach to simultaneously genotype potato towards the resistance alleles *Ry-fsto* and *Ns* / K. Witek [et al.] // Mol. Breeding. – 2006. – Vol. 18. – P. 273–275.
25. Marczewski, W. Potato chromosomes IX and XI carry genes for resistance to *Potato virus M* / W. Marczewski [et al.] // Theor. Appl. Genet. – 2006. – Vol. 112. – P. 1232–1238.
26. Волуевич, Е. А. Отбор устойчивых к М-вирусу генотипов картофеля (*Solanum tuberosum*) с помощью ПЦР / Е. А. Волуевич, Н. В. Павлючук // Докл. НАН Беларуси. – 2014. – Т. 58, № 2. – С. 93–96.
27. Методы ПЦР-детекции генов устойчивости к Y- и S-вирусам картофеля / Е. А. Волуевич [и др.] ; М-во сельского хоз-ва и прод. Респ. Беларусь, НАН Беларуси, Институт генетики и цитологии НАН Беларуси, НПЦ НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству. – Минск : ИООО «Право и экономика», 2013. – 59 с.
28. Отбор генотипов картофеля, устойчивых к М-вирусу, с использованием молекулярных маркеров / Е. А. Волуевич [и др.] // Картофелеводство : сб. науч. тр. / Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству. – Минск, 2014. – Т. 22 – С. 13–23.

29. Методика исследования по культуре картофеля. – М. : Колос, 1967. – 225 с.

Поступила в редакцию 20.10.2021 г.

N. V. RUSETSKIY, V. A. KOZLOV, I. A. MIHALKOVICH,
D. V. BASHKO, A. V. KONDRATYUK, A. V. CHASHINSKIY,
T. V. SEMANYUK

**SCREENING OF POTATO SELECTIVE AND COLLECTING
MATERIAL FOR RESISTANCE TO PVM AND PVS USING
DNA MARKERS**

SUMMARY

The article presents the research results on the assessment of potato samples that were created in the laboratory of potato genetics and varieties that are cultivated in the collection nursery of RUE «Scientific and Practical Center of the NAS of Belarus for Potato, Vegetable and Fruit Growing», for resistance to PVM and PVS, and detection of resistance sources to these pathogens with the use of DNA markers. Based on the research results, a number of stable forms was found with the following markers: SC878⁸⁸⁵ to the Gm gene, GP250⁵¹⁰, UBS822¹⁰⁷⁹ to the Rm gene and markers SCG17³²¹ and UBC811⁶⁶⁰ to the N_s gene, which can be used in potato selection for virus resistance.

Key words: potatoes, sample, hybrid, PVM, PVS, PCR, DNA-marker, resistance.

УДК 635.21:631.527

<https://doi.org/10.47612/0134-9740-2021-29-70-77>**А. В. Чашинский**

РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук
Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству»,
аг. Самохваловичи, Минский район
E-mail: a.chashinski@rambler.ru

СОЗДАНИЕ НОВОГО ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА КАРТОФЕЛЯ, УСТОЙЧИВОГО К ФИТОФТОРОЗУ

РЕЗЮМЕ

В статье приведены результаты работы по созданию нового исходного материала картофеля по устойчивости к фитофторозу за 2017–2019 гг. На основе видов *S. demissum*, *S. bulbocastanum*, *S. stoloniferum*, *S. polytrichon*, *S. vernei*, *S. acaule*, *S. andigena*, *S. rybinii*, *S. phureja* создано шесть гибридов, обладающих комплексной устойчивостью к фитофторозу в сочетании с другими хозяйственно ценными признаками.

Ключевые слова: селекция, картофель, источники устойчивости, фитофтороз, продуктивность, исходный материал.

ВВЕДЕНИЕ

Одним из основных направлений работы лаборатории генетики картофеля РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству» является создание нового исходного материала картофеля, устойчивого к фитофторозу [1–3]. Создание ведется на основе сложных межвидовых гибридов диких и культурных видов, которые являются богатейшими источниками устойчивости картофеля к болезням, вредителям и экстремальным факторам внешней среды [4–7].

Данное направление работы лаборатории связано с тем, что в Республике Беларусь фитофтороз картофеля, вызываемый оомицетом *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary, считается одной из наиболее вредоносных болезней. За последние 25 лет в республике эпифитотийное или умеренно эпифитотийное развитие наблюдается практически ежегодно. Поражение ботвы картофеля ограничивает ассимиляцию у растений в период образования клубней, что, в свою очередь, приводит к снижению продуктивности. Кроме того, фитофтороз наносит и прямой ущерб за счет поражения клубней до и во время уборки и последующего загнивания и развития на них сапрофитных организмов в период хранения. В годы с сильным поражением ботвы и клубней урожай может снижаться на 50–80 % [8].

Оомицет *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary способен поражать картофель на протяжении всей вегетации, начиная со времени появления всходов и до естественного отмирания ботвы. Кроме того, отмечается отклонение от классической схемы поражения растений. Начальные симптомы фитофтороза все чаще появляются на верхних листьях и стеблях, затем только на средних и нижних. Появление в республике A_2 типа совместимости увеличило вредоносность патогена и повысило его адаптационный потенциал к факторам внешней среды. Усложнился расовый состав, расширился спектр вирулентности, повысилась агрессивность патогена, резистентность к имеющимся фунгицидам [9, 10].

Существует два основных способа, обеспечивающих эффективную защиту от фитофтороза: 1) использование химических средств защиты; 2) создание высокоустойчивых гибридов и сортов на основе мирового генофонда картофеля. Применение пестицидов оказывает серьезную нагрузку на окружающую среду. Их использование приводит к поражению природных экосистем, уменьшает биологическую продуктивность фитоцинозов, способствует уничтожению наряду с вредными организмами полезной микрофлоры и микрофауны. С экологической точки зрения наиболее оправданным способом борьбы с фитофторозом является создание перспективного исходного материала и в последующем сортов картофеля, обладающих высокой степенью устойчивости к патогену.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Исследования проводили в течение 2017–2019 гг. Материалом для исследований служили межвидовые гибриды, полученные в РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству», ВИРе, ВНИИ картофельного хозяйства (Россия), Институте картофелеводства Украинской академии аграрных наук. Образцы диких видов картофеля были получены из ВИРа, Немецкого генетического банка картофеля (IPK), Немецко-Голландского центра генетических ресурсов (CGN), Американского генетического банка картофеля NRSP-6 (США).

Основными методами селекции, которые применялись в работе, были: внутривидовая и межвидовая гибридизация; отбор фитофтороустойчивых сеянцев на ранних этапах развития в условиях искусственного инфекционного фона; многократный отбор гибридов в пределах семей на жестком естественном инфекционном фоне.

Для гибридизации использовали визуально здоровые растения, свободные от вирусных болезней. Скрещивания выполняли в условиях защищенного грунта при температуре 14–20 °С и влажности воздуха 80–85 %. С целью искусственного усиления цветения удаляли клубни и столоны [11].

Оценку исходного материала картофеля на устойчивость к фитофторозу проводили согласно Методическим указаниям по фитопатологическим работам при селекции картофеля на устойчивость к фитофторозу [12]. Для искусственного заражения сеянцев первого года была использована смесь сложных рас с инфекционной нагрузкой 10–15 конидий в поле зрения микроскопа при увеличении $\times 120$. Оценку гибридов картофеля на устойчивость к фитофторозу по ботве в полевых условиях проводили согласно методическим указаниям, разработанным В. Г. Иванюком и др. [13].

Устойчивость образцов картофеля к фитофторозу клубней оценивали совместно с отделом защиты картофеля [10]. Клубни заражали инфекцией сложной высоковирулентной расой фитофтороза 1;2;3;4;5;6;6+0;7;8;9;10;11;12;хуз с нагрузкой 25–30 конидий в поле зрения светового микроскопа при 120-кратном увеличении. Клубни погружали на 5 мин в суспензию зооспорангиев и затем укладывали во влажные камеры, покрытые пластиком, инкубировали при температуре 15–18 °С в течение 21 суток. Заражение оценивали по величине некроза на поверхности клубней и глубине проникновения гриба в клубни на их продольном разрезе.

Оценку хозяйственно ценных признаков у сортообразцов картофеля проводили в соответствии с Международным классификатором СЭВ [14] и Методическими указаниями по поддержанию и изучению мировой коллекции картофеля [15].

Учет урожая и его структуру, определение содержания крахмала, оценку столовых качеств выполняли согласно Методике исследований по культуре картофеля [16].

Статистическую обработку результатов исследований осуществляли с использованием общепринятых в биологии статистических методов [17].

В 2017–2018 гг. первые признаки фитофтороза на опытном участке были отмечены во второй декаде июля, а в 2019 г. – в третьей декаде июля. Сложившиеся погодные условия в годы исследований благоприятствовали умеренно-эпифитотийному развитию фитофтороза, что позволило провести оценку перспективных гибридов в полевых условиях на естественном инфекционном фоне.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для успешной работы при создании исходного материала картофеля по тем или иным направлениям, в том числе и устойчивого к фитофторозу, необходимо наличие достаточного количества источников селекционно-ценных признаков. Однако для эффективного их использования нужна своя адаптированная оценка в тех условиях, где ведется селекционная работа. В связи с этим при выведении нового исходного материала картофеля, устойчивого к фитофторозу, создана признаковая коллекция, которая состоит из межвидовых гибридов, полученных в РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству», ВИРе, ВНИИ картофельного хозяйства (Россия), Институте картофелеводства Украинской академии аграрных наук (Украина). В настоящее время ведется поддержание, пополнение и изучение образцов коллекции по основным хозяйственно ценным признакам.

В коллекционном питомнике в течение 2017–2019 гг. испытывали 125 образцов. Изучаемые межвидовые гибриды получены с участием видов: *S. demissum*, *S. stoloniferum*, *S. polytrichon*, *S. bulbocastanum*, *S. vernei*, *S. microdontum*, *S. gourlayi*, *S. verrucosum*, *S. berthaultii* и культурных видов *S. andigenum* и *S. phureja*. В результате визуальной оценки устойчивости листьев к фитофторозу на естественном инфекционном фоне относительно высокая и высокая устойчивость к патогену на третью декаду августа отмечена у 67 образцов (53,6 %) в 2017 г., 40 образцов (32 %) выделались в 2018 г. и в 2019 г. отобран 51 образец (40,8 %) с относительно высокой и высокой устойчивостью к фитофторозу листьев.

Для гибридизации использовали формы с высокой устойчивостью к фитофторозу ботвы и клубней и с хорошими хозяйственными показателями, отобранные в коллекционном питомнике, культурный вид *S. andigenum*, а также межвидовые гибриды, полученные с использованием видов *S. demissum*, *S. bulbocastanum*, *S. stoloniferum*, *S. polytrichon*, *S. verrucosum*, *S. berthaultii*, *S. vernei*, *S. microdontum* и культурных видов *S. andigenum* и *S. phureja*.

Для выполнения гибридизации были поставлены следующие задачи:

1. Вовлечение диких видов и полученных на их основе многовидовых гибридов в селекционный процесс.
2. Проведение скрещиваний с целью устранения негативных свойств у сложных межвидовых гибридов (позднеспелость, длинные столоны, мелкие клубни, плохие кулинарные качества и др.).
3. Получение источников и доноров с комплексной устойчивостью к фитофторозу (листья и клубни) в сочетании с другими хозяйственно ценными признаками.

Всего выполнено 875 комбинаций скрещиваний. Получены ягоды в 246 (28,1 %) комбинациях.

В 2017–2019 гг. семена в количестве 111 952 шт. от 456 комбинаций скрещиваний, полученных в 2016–2018 гг., высевали в стеллажной теплице. Для отбора образцов

с высокой устойчивостью к фитофторозу на ранних этапах селекционного процесса 39 760 семян 67 комбинаций в фазу 3–4 настоящих листьев были заражены инфекцией фитофтороза с нагрузкой 10–15 конидий при увеличении $\times 120$. Смесь сложных рас *Phytophthora infestans* была представлена отделом защиты картофеля Центра. После браковки растений, пораженных фитофторозом, 5 317 семян с устойчивостью в 7–9 баллов выращивали в горшечной культуре в условиях защищенного грунта.

В 2017 г. по результатам искусственного заражения семян установлено, что наибольший процент отбора семян с относительно высокой и высокой устойчивостью к фитофторозу (7–9 баллов) отмечен у гибридной популяции 42–16 (41,7 %). Данная комбинация получена с использованием межвидовых гибридов 133-06-6 и 76-09-7 (*S. stoloniferum*, *S. verrucosum*, *S. berthaultii*, *S. polytrichon*, *S. andigenum*, *S. vernei*, *S. rybinii*). Несколько ниже процент отбора отмечен в популяциях 1-16, 2-16, 151-16 (32,5–39,1 %). Данные комбинации также получены с использованием межвидового гибрида 76-09-7 (*S. stoloniferum*, *S. polytrichon*, *S. andigenum*, *S. vernei*, *S. rybinii*).

В результате искусственного заражения семян в 2018 г. наибольший процент отбора генотипов с относительно высокой и высокой устойчивостью к фитофторозу (7–9 баллов) отмечен у гибридной популяции 270-17 (91,4 %), которая получена с использованием межвидового гибрида 118-03-3 (*S. demissum*, *S. andigenum*, *S. vernei*). Несколько ниже процент отбора наблюдался в популяциях 43-17, 46-17 и 45-17 (71,7–78,6 %). Данные комбинации также получены с использованием в качестве отцовской формы межвидового гибрида 206.161-11 (*S. phureja*, *S. berthaultii*, *S. vernei*).

По результатам искусственного заражения семян в фазу 3–4 настоящих листьев в 2019 г. наибольший процент отбора семян с относительно высокой и высокой устойчивостью к фитофторозу (7–9 баллов) отмечен у гибридной популяции 229-18 (62,6 %), которая получена с использованием межвидовых гибридов 118-03-3 и 152у0810-7 (*S. demissum*, *S. andigenum*, *S. stoloniferum*, *S. polytrichon*, *S. vernei*). Несколько ниже процент отбора высокоустойчивых образцов встречался в популяциях 119-18, 243-18, 120-18 и 231-18, полученных с использованием межвидовых гибридов 136-08-1, 8492-1, 53-10-21, 206.161-11, 310-03-7 и 52-06-4, созданных на основе видов *S. polytrichon*, *S. stoloniferum*, *S. demissum*, *S. bulbocastanum*, *S. acaule*, *S. vernei*, *S. rybinii* и *S. andigenum*.

При уборке отбирали по одному клубню от каждого растения. Всего в питомнике семян первого года для дальнейшей работы отобрано 13 897 гибридов.

В питомнике первого клубневого поколения испытывали 6 592 гибрида. По результатам визуальной оценки в полевых условиях были выбракованы гибриды с признаками вирусных и бактериальных заболеваний, а также слаборазвитые растения. Для дальнейшего изучения отобрано 2 520 гибридов.

В питомнике гибридов второго года испытывали 2 138 гибридов. Образцы высаживали однорядковыми делянками по пять клубней. По результатам визуальной оценки у 588 гибридов отмечена высокая и относительно высокая устойчивость к фитофторозу (7–8 баллов). Совместно с отделом защиты картофеля 647 гибридов были изучены на устойчивость клубней к фитофторозу. В результате оценки выделено 300 образцов (46,4 %) с устойчивостью в 7–9 баллов. По комплексу хозяйственно ценных признаков в данном питомнике для дальнейшей работы отобрано 538 гибридов.

В питомнике гибридов третьего года испытывали 555 образцов. В результате визуальной оценки по устойчивости к фитофторозу листьев в полевых условиях на

естественном инфекционном фоне на последнюю декаду августа выделено 102 образца с относительно высокой и высокой устойчивостью к патогену (7–8 баллов). В течение вегетации были проведены такие же наблюдения и учеты, как и в предыдущем питомнике. Для дальнейшей работы отобрано 234 гибрида. Распределение гибридов питомника третьего года испытания по признаку устойчивости клубней к фитофторозу показано на рисунке 1.

В питомнике предварительного испытания первого и второго года изучали 338 гибридов. По результатам визуальной оценки на устойчивость к фитофторозу листьев на естественном инфекционном фоне выделено 156 гибридов с устойчивостью к фитофторозу 7–8 баллов. По устойчивости к фитофторозу клубней в лабораторных условиях изучено 198 образцов. Из них 110 обладали устойчивостью к патогену на уровне 7–9 баллов. Распределение гибридов питомников предварительного испытания по признаку устойчивости клубней к фитофторозу показано на рисунке 2.

Наряду с устойчивостью к фитофторозу гибриды изучались на продуктивность, содержание крахмала, устойчивость к черной ножке клубней и пригодность к промышленной переработке после пяти месяцев хранения. По результатам испытаний выделено 49 образцов с продуктивностью выше 1 000 г/куст, содержанием крахмала выше 18 % – 32 гибрида, с устойчивостью к возбудителям черной ножки клубней – 26 и по пригодности к промышленной переработке после пяти месяцев хранения отобрано 26 образцов.

В результате работы по созданию фитофтороустойчивого исходного материала картофеля в 2017–2019 гг. выделено шесть перспективных гибридов с высокой устойчивостью к фитофторозу и другим хозяйственно ценным признакам, рекомендованных в качестве исходных форм по устойчивости к фитофторозу (табл.).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В коллекционном питомнике выделено 67 образцов (53,6 %) в 2017 г., 40 образцов (32 %) в 2018 г. и в 2019 г. отобран 51 образец (40,8 %) с относительно высокой и высокой устойчивостью к фитофторозу листьев. Данные гибриды получены с участием видов: *S. demissum*, *S. stoloniferum*, *S. polytrichon*, *S. bulbocastanum*, *S. vernei*,

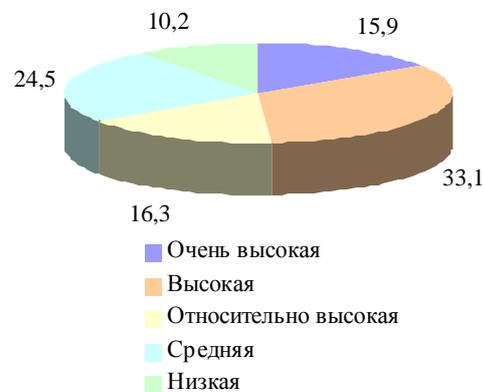


Рисунок 1 – Распределение гибридов картофеля питомника третьего года по устойчивости к фитофторозу клубней в 2017–2019 гг., %



Рисунок 2 – Распределение гибридов картофеля питомников предварительного испытания по устойчивости к фитофторозу клубней в 2017–2019 гг., %

РАЗДЕЛ 2. ГЕНЕТИКА КАРТОФЕЛЯ

Таблица – Характеристика гибридов картофеля, рекомендованных в качестве исходных форм по устойчивости к фитофторозу и другим хозяйственно ценным признакам, 2017–2019 гг.

Селекционный номер	Дикий (культурный) вид, на основе которого получен гибрид	Группа спелости	Устойчивость к фитофторозу, балл		Продуктивность, г/куст	Содержание крахмала, %	Вкус, балл
			Листья	Клубни			
2-11-19	<i>blb, dms, acl, phu</i>	Средне-поздний	7,0	8,7	1 000	19,1	7–9
26-11-10	<i>blb, dms</i>	Поздний	7,0	8,2	1 220	21,9	5–7
13-12-10	<i>blb, dms, adg, acl, phu</i>	Средне-поздний	7,0	8,5	1 680	17,5	7–9
39-12-3	<i>blb, dms</i>	Средне-поздний	7,0	7,4	1 390	16,6	7–9
45-13-7	<i>sto. plt. vrn. dms, adg</i>	Средне-поздний	7,0	9,0	1 320	17,4	5–7
166-13-7	<i>sto. plt. vrn. adg, ryb</i>	Поздний	7,0	7,7	1 310	20,7	7–9
Стандарт Вектар		Средне-поздний	3,0	4,8	940	13,3	7,0
Стандарт Здабытак		Поздний	5,0	6,9	870	20,5	7–9

Примечание. *dms* – *S. demissum*, *blb* – *S. bulbocastanum*, *phu* – *S. phureja*, *adg* – *S. andigenum*, *acl* – *S. acaule*, *sto* – *S. stoloniferum*, *plt* – *S. polytrichon*, *vrn* – *S. vernei*, *ryb* – *S. rybinii*.

S. microdontum, *S. gourlayi*, *S. verrucosum*, *S. berthaultii* и культурных видов *S. andigenum* и *S. phureja*.

В 2017–2019 гг. по результатам искусственного заражения семян в фазу 3–4 настоящих листьев отобрано 5 317 семян с относительно высокой и высокой устойчивостью к фитофторозу (7–9 баллов).

В питомнике первого клубневого поколения изучено 11 173 гибрида. По комплексу признаков для дальнейшего изучения отобрано 2 437 гибридов.

В питомнике гибридов второго года испытывали 2 138 гибридов. По комплексу хозяйственно ценных признаков для дальнейшей работы отобрано 583 гибрида.

В питомнике гибридов третьего года испытывали 555 гибридов. Из них для дальнейшей работы оставлено 234 образца с комплексом хозяйственно ценных признаков.

В качестве исходных форм для селекции на фитофтороустойчивость рекомендуются гибриды 2-11-19, 26-11-10, 13-12-10, 39-12-3, 45-13-7 и 166-13-7, обладающие относительно высокой устойчивостью листьев к фитофторозу, относительно высокой, высокой и очень высокой устойчивостью клубней к патогену в сочетании с другими хозяйственно ценными признаками. Данные гибриды получены на основе сложных межвидовых гибридов, имеющих в своем генотипе гены видов *S. demissum*, *S. bulbocastanum*, *S. stoloniferum*, *S. polytrichon*, *S. vernei* и культурных видов *S. andigenum*, *S. rybinii*, *S. phureja*.

Список литературы

1. Вовлечение в практическую селекцию межвидового гибридного материала картофеля, созданного на основе редко используемых диких видов картофеля / В. А. Козлов [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, 2013. – Т. 21. – С. 93–103.

2. Чашинский, А. В. Результаты работы по созданию 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.: В. Г. Иванюк (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2011. – Т. 19. – С. 164–174.

3. Чашинский, А. В. Выделение источников устойчивости к фитофторозу и черной ножке среди межвидовых диплоидных гибридов картофеля / А. В. Чашинский [и др.] // Картофелеводство : сб. науч. тр. / Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству ; редкол.: В. Г. Иванюк (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2011. – Т. 19. – С. 175–183.

4. Подгаецкий, А. А. Использование генофонда картофеля в селекции на фитофтороустойчивость : метод. рекомендации / А. А. Подгаецкий. – Киев, 1991. – 48 с.

5. Подгаецкий, А. А. Генетические ресурсы картофеля / А. А. Подгаецкий // Материалы междунар. науч. конф., посвящ. 75-летию Ин-та картофелеводства Нац. акад. наук Беларуси, Самохваловичи, 7–10 июля 2003 г. / НАН Беларуси, Ин-т картофелеводства НАН Беларуси. – Минск, 2003. – С. 108–190.

6. Будин, К. З. Значение диплоидных видов картофеля и пути использования их в селекции / К. З. Будин, Н. Ф. Бывако, Л. М. Турулева // Науч.-техн. бюл. ВИР. – Л., 1984. – Вып. 145. – С. 175–182.

7. Колобаев, В. А. Создание гибридных образцов картофеля с высокой горизонтальной устойчивостью к фитофторозу на основе использования в скрещиваниях различных видов рода *Solanum* / В. А. Колобаев // Материалы междунар. науч. конф., посвящ. 75-летию Ин-та картофелеводства Нац. акад. наук Беларуси, Самохваловичи, 7–10 июля 2003 г. / НАН Беларуси, Ин-т картофелеводства НАН Беларуси. – Минск, 2003. – С. 207–215.

8. Иванюк, В. Г. Защита картофеля от болезней, вредителей и сорняков / В. Г. Иванюк, С. А. Банадысев, Г. К. Журомский. – Минск : Белпринт, 2005. – 696 с.

9. Иванюк, В. Г. Новое в биологии возбудителя фитофтороза картофеля / В. Г. Иванюк, О. В. Авдей // НТИ и рынок. – 1997. – № 6. – С. 13–14.

10. Иванюк, В. Г. Особенности появления фитофтороза на картофеле в условиях Беларуси / В. Г. Иванюк // Защита растений – проблемы и перспективы : сб. науч. тр. / ГГАУ. – Гродно, 2002. – С. 37–39.

11. Родионова, З. П. Гибридизация картофеля на срезанных стеблях / З. П. Родионова // С.-х. информация. – 1971. – № 2. – С. 35–36.

12. Патрикеева, М. В. Методические указания по фитопатологическим работам при селекции картофеля на устойчивость к фитофторозу / М. В. Патрикеева. – Л. : ВИЗР, 1990. – 42 с.

13. Методы оценки картофеля, овощных и плодовых культур на устойчивость к болезням : метод. рекомендации / БелНИИ картофелеводства и плодоовощеводства ; сост. В. Г. Иванюк [и др.] ; под ред. Н. А. Дорожкина. – Минск, 1987. – 95 с.

14. Международный классификатор СЭВ. – Ленинград, 1984. – С. 43.

15. Методические указания по оценке и поддержанию мировой коллекции картофеля / Всесоюз. ин-т растениеводства ; сост. С. М. Букасов [и др.]. – Ленинград, 1976. – 30 с.

16. Методика исследований по культуре картофеля / Отделение растениеводства и селекции Всесоюзной Академии сельскохозяйственных наук имени В. И. Ленина, НИИ картофельного хозяйства ; редкол.: Н. А. Андрюшина [и др.]. – М., 1967. – 225 с.

17. Рокицкий, П. Ф. Биологическая статистика / П. Ф. Рокицкий. – Минск : Выш. шк., 1973. – С. 246–248.

Поступила в редакцию 23.09.2021 г.

A. V. CHASHINSKIY

CREATION OF NEW POTATO INITIAL MATERIAL RESISTANT TO LATE BLIGHT

SUMMARY

*The results of work (2017–2019) on creation of new initial material of potato resistant to late blight are present in the article. Created six hybrids derived from species *S. demissum*, *S. bulbocastanum*, *S. stoloniferum*, *S. polytrichon*, *S. vernei*, *S. andigenum*, *S. rybinii*, *S. phureja*. These hybrids have complex resistance to late blight, in combination with other economically valuable traits.*

Key words: selective breeding, potatoes, sources of sustainability, late blight, productivity, initial material.

РАЗДЕЛ 3

ИММУНИТЕТ И ЗАЩИТА КАРТОФЕЛЯ

УДК 635.21;632.954

<https://doi.org/10.47612/0134-9740-2021-29-78-84>

И. И. Бусько, Л. А. Манцевич, В. Н. Назаров

РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук

Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству»,

аг. Самохваловичи, Минский район

E-mail: zachita@tut.by

СОИЛ ФЛЮИД, КС – НОВЫЙ ГЕРБИЦИД ДЛЯ УНИЧТОЖЕНИЯ СОРНЯКОВ НА ПОСАДКАХ КАРТОФЕЛЯ

РЕЗЮМЕ

Представлены результаты изучения биологической и хозяйственной эффективности гербицида Соил Флюид, КС (600 г/л метрибузина) на посадках картофеля в 2018–2019 гг.

Ключевые слова: картофель, гербицид, биологическая и хозяйственная эффективность, сорные растения.

ВВЕДЕНИЕ

Одним из важных элементов современных технологий возделывания сельскохозяйственных культур является защита растений от вредных организмов, болезней и сорняков, так как природно-климатические условия республики благоприятны для распространения и развития более 65 опасных вредителей, 100 видов болезней и 300 видов сорных растений. Потенциальные потери урожая от них могут достигать 30 %.

По данным РУП «Институт защиты растений», отказ от применения химических средств защиты растений приводит к снижению урожайности ячменя на 10,6 ц/га, овса – 8,2, картофеля – 80,0, сахарной свеклы – 68,0, льна-долгунца – 11,9 ц/га [2].

Особенно тревожная ситуация сложилась с засоренностью пашни и сельскохозяйственных угодий. В настоящее время возросла засоренность полей многолетними сорными растениями: пырей ползучий, осот желтый, розовый и др. Расширение в республике площадей под зерновыми культурами привело к распространению злаковых видов сорняков, которые невозможно уничтожить в посадках агротехническим способом.

Одной из причин повышения вредоносности сорняков является резкое (в 4–5 раз) сокращение объема применения гербицидов, а также формирование устойчивых к ним видов сорных растений.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Исследования проводили на опытном поле РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству». Закладка полевого опыта осуществлялась на среднепозднем сорте Вектар. Предшественник – редька масличная на сидеральное удобрение. Почва дерново-подзолистая среднесуглинистая. Содержание гумуса в пахотном слое – 2,8 %, P_2O_5 – 281 мг/кг почвы, содержание K_2O – 223 мг/кг почвы, реакция почвенной среды (рН) – 5,4.

Вид опыта – мелкоделяночный, повторность – 4-кратная, площадь – 25,2 м². Агротехника и уход за посевами общепринятые.

Схема опыта:

№ 1. Обработка почвы до всходов.

1. Вариант без обработки;
2. Зенкор Ультра, КС (эталон) 0,9 л/га;
3. Зенкор Ультра, КС (эталон) 1,2 л/га;
4. Соил Флюид, КС 0,9 л/га;
5. Соил Флюид, КС 1,2 л/га.

№ 2. Опрыскивание по всходам при высоте картофеля до 5 см.

1. Вариант без обработки;
2. Зенкор Ультра, КС (эталон) 0,85 л/га;
3. Соил Флюид, КС 0,85 л/га.

№ 3. Опрыскивание почвы до всходов плюс опрыскивание по всходам при высоте картофеля до 5 см.

1. Вариант без обработки;
2. Зенкор Ультра, КС (эталон) 0,6+0,5 л/га;
3. Соил Флюид, КС 0,6+0,5 л/га.

Обработка испытуемым препаратом осуществлялась 3-кратно.

Полевые испытания проводили согласно Методическим указаниям по регистрационным испытаниям гербицидов в посевах сельскохозяйственных культур [3].

За два дня до применения гербицида учитывалась исходная засоренность посадок, определялся видовой состав сорняков и их количество. Второй учет проводился через 30 дней после опрыскивания, устанавливался видовой состав и число сорняков, а также их масса.

Биологическую эффективность гербицидов рассчитывали по формуле

$$C_k = 100 - \frac{Bo_1}{B_k} \times 100,$$

где C_k – снижение числа или сырой массы сорняков к контролю, %;

B_k и Bo_1 – число, или сырая масса сорняков в контроле и опыте соответственно, шт/м² (г/м²).

Хозяйственную эффективность (прибавку урожая) определяли по формуле

$$X = \frac{A - B}{B} \times 100,$$

где X – хозяйственная эффективность, %;

A – урожай в опыте, т/га;

B – урожай в контроле, т/га.

Размер скользящих учетных площадок – 0,25 м².

В посадках картофеля встречались следующие сорные растения: бодяк полевой (*Cirsium arvense* L.), одуванчик лекарственный (*Taraxacum officinale* Web.), галинсога мелкоцветковая (*Galinsoga parviflora* Cav.), горец почечуйный (*Polygonum persicaria* L.), горец шероховатый (*Polygonum scabrum* Moench), пастушья сумка (*Capsella bursa-pastoris* L.), хвощ полевой (*Equisetum arvense* L.) и щирица запрокинутая (*Amaranthus retroflexus* L.). И до и после обработки доминирующими видами были бодяк полевой и одуванчик лекарственный.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В 2018 г. при применении Соил Флюид, КС с нормой расхода 0,85 л/га при высоте картофеля до 5 см исходная засоренность составила 68 шт/м², в варианте без обработки – 62 шт/м², в варианте Зенкор Ультра, КС 0,85 л/га – 64 шт/м². Наибольшее распространение имели просо куриное (12–16 шт/м²) и марь белая (24–28 шт/м²).

Учет численности сорных растений, проведенный через месяц после обработки гербицидами, показал, что их количество в варианте без применения препарата варьировало от 104 до 167 шт/м². Среди видов сорных растений в посадках наибольшее распространение имели: просо куриное (17–28 шт/м²), марь белая (41–52), вьюнок полевой (8–18), пикульник (6–9), щирица запрокинутая (7–11), звездчатка средняя (7–11 шт/м²). В варианте без применения гербицида при довсходовом внесении Соил Флюид, КС численность сорных растений составила 135 шт/м², масса – 1 457 г/м², в опыте с 2-кратным применением Соил Флюид, КС (0,6+0,5 л/га) – 168 шт/м² и 1 650 г/м², в опыте с нормой расхода Соил Флюид, КС 0,85 л/га при 1-кратном применении – 104 шт/м² и 1 453 г/м². Доминировали по-прежнему двудольные виды сорняков. Присутствующие сорные растения сформировали хорошую вегетативную массу.

Обработка почвы гербицидом Соил Флюид, КС при довсходовом применении проводилась 24 мая, условия проведения были хорошими, почва – влажной (во второй-начале третьей декады мая выпадало 13–14 мм осадков) и имела мелкокомковатую структуру. При 1-кратном довсходовом внесении препарата Соил Флюид, КС через месяц после обработки с нормами расхода 0,9 и 1,2 л/га снизилась численность сорных растений на 82,2–93,3 %, а масса – на 91,6–95,5 %. Уменьшение численности сорных растений при 2-кратном применении Соил Флюид, КС (0,6+0,5 л/га) составило 93,4 %, а уменьшение массы – 94,9 %. Второй учет в опыте с 1-кратным довсходовым внесением Соил Флюид, КС с нормой расхода 0,9 л/га показал снижение биологической эффективности по числу сорняков до 77,5 %, по массе – до 81,2 %, с нормой расхода 1,2 л/га – до 87 и 91,1 % соответственно. Снижение биологической эффективности Соил Флюид, КС связано с активным нарастанием как численности, так и массы сорняков, чему способствовали повышенная температура и обильные осадки (203,2–288,3 % от нормы) в первой и второй декадах июля. В целом гербицид Соил Флюид, КС при довсходовом внесении показывал биологическую эффективность на уровне эталона Зенкор Ультра, КС либо превышал его.

Вторая обработка в опыте с 2-кратным применением Соил Флюид, КС (0,6+0,5 л/га) и обработка при 1-кратном применении с нормой расхода 0,85 л/га были проведены 18 июня при высоте картофеля до 5 см. Оценка биологической эффективности на вторую дату учета при 2-кратном применении показала, что изучаемый гербицид снизил численность сорных растений на 91,5 %, а массу – на 92,6 %. Данные свидетельствуют, что изучаемый гербицид при 2-кратном применении сохранил высокую биологическую эффективность (свыше 90 % как по числу сорняков, так и по массе) на вторую дату учета, незначительно уступив эталонному варианту (0,6 %) Зенкор Ультра, КС.

При 1-кратном применении через месяц после опрыскивания изучаемый гербицид уменьшил количество сорных растений на 80,9 %, а снижение массы сорняков составило 86,9 %, незначительно превысив эталон Зенкор Ультра, КС 0,85 л/га (на 3,1 и 1,5 % соответственно). Далее шло активное нарастание численности и вегетативной массы сорняков, чему способствовали обильные осадки второй (288,3 % от нормы) и повышенная температура третьей декады июля (на 2,6 °С выше нормы). В результате на дату второго учета 10 августа отмечалось снижение биологической эффективности

гербицида Соил Флюид, КС, которая составила 77,9 % из расчета по числу сорных растений и 76,3 % по массе. В эталонном варианте снижение биологической эффективности было более существенным в сравнении с первым учетом (на 7,4 % по числу сорных растений и 14,1 % по массе), в результате данный показатель составил 70,4 и 71,3 % соответственно.

Уборка картофеля проводилась 5 сентября. Существенное снижение засоренности в вариантах с применением гербицида Соил Флюид, КС привело к повышению урожайности культуры. Статистически достоверная прибавка урожая получена во всех вариантах опыта. При применении Соил Флюид, КС с нормой расхода 1,2 л/га урожайность составила 41,9 т/га, превысив эталонные варианты соответственно на 1,4 и 6,0 т/га и обеспечив прибавку урожая 17,3 т/га, а хозяйственную эффективность – на уровне 70,3 %. Максимальная хозяйственная эффективность была получена в варианте с дробным внесением гербицида Соил Флюид, КС 0,6+0,5 л/га и составила 79 %, обеспечив прибавку урожая 22 т/га и превысив эталон Зенкор Ультра, КС на 4 т/га (15 %). Максимальная урожайность была отмечена также в варианте с дробным внесением гербицида Соил Флюид, КС 0,6+0,5 л/га и составила 50 т/га.

Исходная засоренность при применении Соил Флюид, КС в 2019 г. с нормой расхода 0,85 л/га при высоте картофеля до 5 см составила 76 шт/м², в варианте без обработки – 82 шт/м², в варианте Зенкор Ультра, КС 0,85 л/га – 72 шт/м². Из сорных растений преобладали просо куриное (12–20 шт/м²) и марь белая (24–32 шт/м²).

Через месяц после обработки гербицидами был проведен учет численности сорных растений, который показал, что их количество в варианте без применения препарата достигало 131–135 шт/м². В посадках наибольшее распространение имели: просо куриное (20–25 шт/м²), марь белая (28–40), вьюнок полевой (8–10), пикульник (4–9), щирица запрокинутая (9–15), звездчатка средняя (7–9 шт/м²). В варианте без применения гербицида при довсходовом внесении Соил Флюид, КС численность сорных растений составила 132 шт/м², масса – 1 214 г/м², в опыте с 2-кратным применением Соил Флюид, КС (0,6+0,5 л/га) – 135 шт/м² и 1 432 г/м², в опыте с нормой расхода Соил Флюид, КС 0,85 л/га – 141 шт/м² и 1 722 г/м². По-прежнему доминировали двудольные виды, сорные растения сформировали хорошую вегетативную массу.

Обработку почвы гербицидом Соил Флюид, КС при довсходовом применении осуществляли 20 мая. Условия проведения – благоприятные, почва – влажная с мелкокомковатой структурой (во второй декаде мая выпало 21,6 мм, или 108 % от нормы осадков). Оценка биологической эффективности препарата Соил Флюид, КС при 1-кратном довсходовом внесении через месяц после обработки с нормами расхода 0,9 и 1,2 л/га показала, что гербицид снизил численность сорных растений на 89,5–94,5 %, а массу – на 88,6–95,9 %. Снижение численности сорных растений при применении Соил Флюид, КС 2-кратно (0,6+0,5 л/га) составило 91,6 %, а уменьшение массы – 92,5 %. Второй учет в опыте с 1-кратным довсходовым внесением Соил Флюид, КС показал снижение биологической эффективности по числу сорняков до 73,5 %, по массе – до 77,4 с нормой расхода 0,9 л/га, с нормой расхода 1,2 л/га – до 84,1 и 81,1 % соответственно. Снижение биологической эффективности Соил Флюид, КС связано с активным нарастанием как численности, так и массы сорняков, чему способствовала повышенная температура и обильные осадки третьей декады июня. В целом гербицид Соил Флюид, КС при довсходовом внесении показывал биологическую эффективность на уровне эталона Зенкор Ультра, КС либо превышал его.

Обработка в опыте с 2-кратным применением Соил Флюид, КС (0,6+0,5 л/га) и 1-кратным с нормой расхода 0,85 л/га была проведена 20 июня при высоте картофеля

РАЗДЕЛ 3. ИММУНИТЕТ И ЗАЩИТА КАРТОФЕЛЯ

до 5 см. Результаты опыта свидетельствуют, что на вторую дату учета при 2-кратном применении изучаемый гербицид снизил численность сорных растений на 83,2 %, а массу – на 94,3 %.

При 1-кратном применении после опрыскивания изучаемый гербицид уменьшил количество сорных растений на 83,2 %, а снижение массы сорняков составило 91,4 %, незначительно превысив эталон Зенкор Ультра, КС 0,85 л/га (на 3 и 0,5 %). Далее шло активное нарастание вегетативной массы сорняков, чему способствовали обильные осадки третьей декады июля и первой декады августа (115,6 и 124,7 % от нормы). В результате на дату второго учета 10 августа отмечалось снижение биологической эффективности гербицида Соил Флюид, КС, которая составила 76,2 % из расчета по числу сорных растений и 81,1 % по массе.

Уборка картофеля проводилась 5 сентября. Существенное снижение засоренности в вариантах с применением гербицида Соил Флюид, КС привело к повышению урожайности картофеля. Статистически достоверная прибавка урожая получена во всех вариантах опыта. Хозяйственная эффективность применения гербицида Соил Флюид, КС на сорте картофеля Вектар в 2018 г. представлена в таблицах 1–3, в 2019 г. – в таблицах 4–6.

Таблица 1 – Хозяйственная эффективность применения гербицида Соил Флюид, КС при 1-кратном его применении, сорт Вектар, 2018 г.

Вариант	Урожайность, т/га	Сохраненный урожай (прибавка к контролю), т/га
Без обработки	24,6	–
Зенкор Ультра, КС (эталон)	37,6	+13,0
Зенкор Ультра, КС (эталон)	36,0	+11,0
Соил Флюид, КС 0,9 л/га	39,0	+14,4
Соил Флюид, КС 1,2 л/га	41,9	+17,3
НСР _{0,05}		4,1

Таблица 2 – Хозяйственная эффективность применения гербицида Соил Флюид, КС при 2-кратном его применении, сорт Вектар, 2018 г.

Вариант	Урожайность, т/га	Сохраненный урожай (прибавка к контролю), т/га
Без обработки	28,0	–
Зенкор Ультра, КС 0,6+0,5л/га (эталон)	46,0	+18,0
Соил Флюид, КС 0,6+0,5 л/га	50,0	+22,0
НСР _{0,05}		6,6

Таблица 3 – Хозяйственная эффективность применения гербицида Соил Флюид, КС при 1-кратном его применении по всходам картофеля, сорт Вектар, 2018 г.

Вариант	Урожайность, т/га	Сохраненный урожай (прибавка к контролю), т/га	Хозяйственная эффективность, %
Без обработки	15,2	–	–
Зенкор Ультра, КС – 0,85 л/га (эталон)	37,1	+21,9	59,0
Соил Флюид, КС – 0,85 л/га	46,7	+31,5	67,4
НСР _{0,05}		7,41	

РАЗДЕЛ 3. ИММУНИТЕТ И ЗАЩИТА КАРТОФЕЛЯ

Таблица 4 – Хозяйственная эффективность применения гербицида Соил Флюид, КС при 1-кратном его применении, сорт Вектар, 2019 г.

Вариант	Урожайность, т/га	Сохраненный урожай (прибавка к контролю), т/га	Хозяйственная эффективность, %
Без обработки	13,8	–	–
Зенкор Ультра, КС (эталон)	37,1	+23,3	62,8
Зенкор Ультра, КС (эталон)	45,9	+32,1	69,7
Соил Флюид, КС 0,9 л/га	46,6	+32,8	67,6
Соил Флюид, КС 1,2 л/га	48,5	+34,7	71,5
НСР _{0,05}		2,6	

Таблица 5 – Хозяйственная эффективность применения гербицида Соил Флюид, КС при 2-кратном его применении, сорт Вектар, 2019 г.

Вариант	Урожайность, т/га	Сохраненный урожай (прибавка к контролю), т/га	Хозяйственная эффективность, %
Без обработки	15,1	–	–
Зенкор Ультра, КС 0,6+0,5 л/га (эталон)	53,3	+38,2	71,7
Соил Флюид, КС 0,6+0,5 л/га	52,2	+37,1	71,0
НСР _{0,05}		3,8	

Таблица 6 – Хозяйственная эффективность применения гербицида Соил Флюид, КС при 1-кратном его применении по всходам картофеля, сорт Вектар, 2019 г.

Вариант	Урожайность, т/га	Сохраненный урожай (прибавка к контролю), т/га	Хозяйственная эффективность, %
Без обработки	18,3	–	–
Зенкор Ультра, КС – 0,85 л/га (эталон)	47,2	+28,9	61,2
Соил Флюид, КС – 0,85 л/га	49,7	+31,4	63,1
НСР _{0,05}		3,3	

При применении Соил Флюид, КС с нормой расхода 1,2 л/га урожайность составила 48,5 т/га, превысив эталонные варианты соответственно на 2,6 и 11,4 т/га и обеспечив прибавку урожая 11,4 т/га. При дробном внесении гербицида Соил Флюид, КС 0,6+0,5 л/га была обеспечена максимальная урожайность 52,2 т/га и прибавка урожая 37,1 т/га, при применении с нормой расхода 0,85 л/га прибавка урожая составила 31,4 т/га.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исходя из полученных данных, в 2018 г. гербицид Соил Флюид, КС с нормами расхода 0,9–1,2; 0,85 и 0,6+0,5 л/га, показал высокую биологическую и хозяйственную эффективность против сорных растений в посадках картофеля при довсходовом внесении. Максимальная хозяйственная эффективность была получена в варианте с дробным внесением гербицида Соил Флюид, КС 0,6+0,5 л/га и составила 79 %, превысив эталон Зенкор Ультра, КС на 15 %.

В 2019 г. гербицид Соил Флюид, КС с нормами расхода 0,9 и 1,2 л/га также показал высокую эффективность против сорных растений в посадках картофеля при

довсходовом внесении. Максимальная прибавка урожая была получена в варианте с дробным внесением гербицида Соил Флюид, КС 0,6+0,5 л/га и составила 37,1 т/га, хозяйственная эффективность в данном варианте опыта была на уровне 71 %.

Вышеприведенные результаты исследований позволили включить препарат Соил Флюид, КС (600 г/л метрибузина) в дозах 0,9–1,2 и 0,6+0,5 л/га для внесения в Государственный реестр средств защиты растений и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь в качестве гербицида для защиты картофеля от однолетних двудольных и злаковых сорняков.

Список литературы

1. Иванюк, В. Г. Защита картофеля от болезней, вредителей и сорняков / В. Г. Иванюк, С. А. Банадысев, Г. К. Журомский. – Минск : Белпринт, 2005. – 696 с.
2. Миренков, Ю. А. Химические средства защиты растений : справочник / Ю. А. Миренков, П. А. Саскевич, С. В. Сорока. – 2-е изд. – Несвиж, 2011. – 394 с.
3. Сорока, С. В. Методические указания по проведению регистрационных испытаний гербицидов в посевах сельскохозяйственных культур в Республике Беларусь / С. В. Сорока, Т. Н. Лапковская ; Ин-т защиты растений, Науч.-практ. центр НАН Беларуси по земледелию. – Несвиж, 2007. – 58 с.

Поступила в редакцию 12.10.2021 г.

I. I. BUSKO, L. A. MANTSEVICH, V. N. NAZAROV

SOIL FLUID, CS – A NEW HERBICIDE TO CONTROL WEEDS IN POTATO CROPS

SUMMARY

The article presents the results of studying the biological and economic efficiency of the herbicide Soil Fluid, CS (600 g/l of metribuzin) in potato crops in 2018–2019.

Key words: potatoes, herbicide, biological and economic efficiency, weeds.

УДК 635.21:631.524.85

<https://doi.org/10.47612/0134-9740-2021-29-85-92>

**Г. Н. Гуца, Е. В. Радкович, Н. С. Сердюкова,
Ю. А. Халимоненко, В. В. Анципович**

РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук
Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству»,
аг. Самохваловичи, Минский район
E-mail: l-radkovich@tut.by

ВЫЯВЛЕНИЕ ВИРУСНОЙ И БАКТЕРИАЛЬНОЙ ИНФЕКЦИИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННОГО ИСХОДНОГО СЕМЕННОГО МАТЕРИАЛА КАРТОФЕЛЯ

РЕЗЮМЕ

*В статье показано, что для отбора клонов, свободных от фитопатогенной инфекции, в оригинальном семеноводстве картофеля необходимо применение комплекса диагностических методов, которые дополняют друг друга и позволяют выявлять широкий спектр вирусных, вироидных и бактериальных инфекций – ХВК, УВК, СВК, МВК, ВСЛК, АВК, ВПТ, ВМВК, ВМЛ, ВВКК, черная ножка, бурая бактериальная гниль и кольцевая гниль картофеля. Также исследования показали необходимость тестирования клонов картофеля на наличие ВПТ при отборе исходного родоначального материала для введения в культуру *in vitro*.*

Ключевые слова: картофель, клон, сорт, отбор, индексация, вирус, бактериоз, ИФА, ПЦР.

ВВЕДЕНИЕ

Возделывание картофеля сопряжено с высокими рисками вирусного и бактериального инфицирования. Высокая вредоносность болезней, поражающих картофель, обусловлена тем, что под воздействием инфекции задерживается рост и развитие растений, снижается урожайность и качество клубней. 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 %. Некоторые вирусы вызывают внутренние некрозы клубней, что делает их практически непригодными как для употребления в пищу, так и для промышленной переработки [1].

Вирусные болезни картофеля распространены повсеместно, по вредоносности в ряде случаев превосходят грибные и бактериальные болезни. В Беларуси ущерб, причиняемый ими, составляет 20–30 % потери урожая, а иногда может достигать 80 % и более [2].

К числу наиболее часто встречаемых фитопатогенных вирусов, получивших практически повсеместное распространение, относятся X-вирус картофеля (ХВК), Y-вирус картофеля (УВК), S-вирус картофеля (СВК), M-вирус картофеля (МВК), вирус скручивания листьев картофеля (ВСЛК). Меньшее значение по распространению, но не по вредоносности имеют A-вирус картофеля (АВК), вирус мозаики люцерны (ВМЛ), вирус метельчатости верхушки картофеля (ВМВК), вирус погрешности табака (ВПТ) и др. [3].

Согласно последним данным Европейской и средиземноморской организации защиты растений, ВПТ, ВМЛ и ВМВК зарегистрированы по всей Европе, в Центральной и Южной Америке, Канаде, Японии, Китае, Австралии, в нескольких странах Африки и практически на всей территории бывшего СССР [4]. По результатам проведенных

исследований по выявлению ВПТ, ВМВК и ВМЛ в посадках картофеля различных субъектов хозяйствования пяти районов Гомельской и пяти районов Витебской областей установлено, что наибольшее распространение из трех изучаемых вирусов имеет вирус погрешности табака (5,5–19,0 %), который был обнаружен в каждом из исследованных районов. В Ивановском районе Брестской области на интродуцированном сорте Ауреа иностранной селекции выявлено до 7,0 % растений, пораженных этим вирусом, причем инфекция не носила очаговых характер, что указывает на распространение с завезенным посевным материалом. Вредоносность ВПТ заключается в снижении продуктивности картофеля, ухудшении, иногда сильно выраженном, качества клубней, которое вызывает полную потерю их вкусовых и товарных качеств из-за внутреннего некроза, снижает крахмалистость. Установлено, что ВПТ может снижать продуктивность картофеля до 55 % и более [5–7].

Распространение вирусных болезней создает угрозу возникновения смешанных инфекций с другими патогенами, так как восприимчивость картофеля, зараженного вирусами, значительно выше к возбудителям фитофтороза, альтернариоза, ризоктониоза, сухой гнили и бактериозам [8].

В настоящее время черная ножка является наиболее распространенной бактериальной болезнью в Беларуси, которая снижает урожайность картофеля от 30 до 90 %. Отмечаются также случаи поражения растений и клубней картофеля кольцевой гнилью. Потери при поражении этим патогеном в отдельные годы могут составлять 11–45 %. Бурая бактериальная гниль распространена во всех странах, возделывающих картофель. Например, в США и Индонезии потери урожая в отдельные годы достигали 75 %. Исследования, проведенные в разных регионах России, выявили пораженность растений картофеля бурой бактериальной гнилью от 2 до 25 %. Вредоносность бактериозов в последние годы возрастает. Это связано с широким внедрением механизации при возделывании картофеля, которая резко увеличивает количество механических повреждений и, следовательно, поражение клубней бактериозами [9].

Основной задачей оригинального семеноводства является производство высококачественного семенного материала. Согласно Положению о семеноводстве картофеля в Республике Беларусь [10] получение первого клубневого поколения начинается с выделения исходных родоначальных линий в культуре *in vitro* и предусматривает отбор клонов по визуальной оценке ботвы во время вегетации картофеля и клубней при уборке, вычленение индексов и оценку полученных растений на зараженность вирусными и бактериальными болезнями методами ИФА и ПЦР-анализа с последующим получением здоровых линий *in vitro* [11].

В оригинальном семеноводстве применение специфичных и высокочувствительных лабораторных методов, а именно комплексной диагностики, является необходимым условием для выявления фитоинфекции при производстве исходного семенного материала картофеля.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Исследования проводили в 2017–2019 гг. в лаборатории иммунодиагностики картофеля РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству». Опытным материалом служили клоны картофеля сортов белорусской селекции. Комплексное тестирование выполняли с применением методов индексации, ИФА и ПЦР-анализа.

Отобранные клоны, типичные данному сорту и визуально здоровые, подвергались индексации, которую выполняли согласно методике послеуборочного контроля

качества семенного картофеля [12]. Выращивание индексов проводили в перлитовом субстрате при температуре 18–22 °С и освещенности 3 000–4 000 люкс при 16-часовом световом фотопериоде.

Иммуноферментный анализ листового материала растений-индексов на наличие вирусов ХВК, УВК, СВК, МВК, ВСЛК, АВК, ВПТ, ВМВК, ВМЛ, и бактериозов – черная ножка (*Pectobacterium carotovorum* subsp. *Atrosepticum*, синоним *Patro*), бурая бактериальная гниль (*Ralstonia solanacearum*) выполняли наборами биохимических реагентов согласно прилагаемым протоколам. Оценку результатов осуществляли с использованием фотометра «БИО-RAD 680» при длине волны 405 нм.

Тестирование методом ПЦР в формате FLASH по выявлению вириода веретеновидности клубней картофеля, бурой бактериальной, кольцевой гнили картофеля (*Clavibacter michiganensis* var. *Sepeidonicus*), ХВК, УВК, СВК, МВК, ВСЛК и АВК проводили, используя диагностические наборы ООО «АгроДиагностика», Россия. Метод ПЦР с детекцией по «конечной точке» (FLASH – Fluorescent Amplification-based Specific Hybridization) позволяет учитывать результаты непосредственно после проведения анализа, не открывая пробирки, что исключает возможность контаминации [13].

Детекцию результатов осуществляли на иммунофлуоресцентном ПЦР-детекторе «Джин» (ДНК-технология, Россия), работающем при следующих длинах волн возбуждения/излучения 460/515 и 532/570, выдающем результаты в виде относительных единиц к среднему значению фона.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Первым этапом комплексной оценки отобранных клонов картофеля является проведение индексации. Для этого нами были подготовлены и высажены индексы 2751 клона следующих сортов: Зорачка – 52, Бриз – 906, Рагнеда – 168, Лад – 74, Скарб – 99, Гарантия – 57, Рубин – 25, Янка – 100, Палац – 100, Журавинка – 74, Мастак – 200, Вектар – 98, Криница – 103, Атлант – 99, Нара – 100, Лель – 100, Ласунок – 98, Лиляя – 100, Крок – 186 и Здабытак – 12 (табл. 1). Следует отметить, что к диагностике не допускаются и выбраковываются растения-индексы, нетипичные сорту, плохо развивающиеся, отстающие в росте и т. д.

Следующим этапом комплексной оценки является выявление скрытой вирусной и бактериальной инфекции в растениях-индексах методом ИФА. Впервые дополнительно на этом этапе была проведена диагностика клонов картофеля на наличие вируса погрешности табака, вируса метельчатости верхушек картофеля и вируса мозаики люцерны. В таблице 1 представлены результаты отбора клонов картофеля, свободных от скрытой фитоинфекции. Следует отметить, что при диагностике 465 клонов сорта Бриз и 51 клон сорта Зорачка все протестированные клоны оказались свободными от вирусной и бактериальной инфекции. Тестирование клонов сорта Лад и Рагнеда позволило выявить по 97 % здорового материала. Из 87 клонов сорта Скарб чистыми оказались 83 клон, что составляет 95 %. Тестирование 57 клонов сорта Гарантия позволило выявить 93 % здорового материала. Из 15 проверенных клонов сорта Рубин свободными от вирусной и бактериальной инфекции оказались 13 клонов, что составляет 87 %. Тестирование клонов сорта Янка выявило 68 клонов (82 %), не содержащих инфекции. Из 69 проверенных клонов сорта Палац свободными от вирусной и бактериальной инфекции оказались 52 клон, или 76 %. Диагностика клонов сорта Журавинка и Мастак позволила выявить по 75 % здорового материала. В сортах Вектар, Криница, Атлант и Нара от 52 до 66 % клонов не содержали вирусной и бактериальной инфекции. Анализ результатов тестирования 93 клонов сорта Лель выявил 29 % здорового

РАЗДЕЛ 3. ИММУНИТЕТ И ЗАЩИТА КАРТОФЕЛЯ

Таблица 1 – Результаты отбора клонов картофеля, свободных от скрытой вирусной и бактериальной инфекции, методом ИФА, 2017–2019 гг.

Сорт	Высаженных клонов, шт.	Проверенных клонов, шт.	Здоровых клонов, шт.	Здоровых клонов, %
Зорачка	52	51	51	100
Бриз	906	465	465	100
Рагнеда	168	115	111	97
Лад	74	62	60	97
Скарб	99	87	83	95
Гарантия	57	57	53	93
Рубин	25	15	13	87
Янка	100	83	68	82
Палац	100	69	52	76
Журавинка	74	40	30	75
Мастак	200	172	129	75
Вектар	98	90	59	66
Криница	103	87	51	59
Атлант	99	36	20	56
Нара	100	81	42	52
Лель	100	93	27	29
Ласунок	98	75	18	24
Лилея	100	47	10	21
Крок	186	108	0	0
Здабытак	12	2	0	0
Итого	2 751	1 835	1 342	73,1

материала. Количество здоровых клонов сортов Ласунок и Лилея составляло 24 и 21 % соответственно. При тестировании методом иммуноферментного анализа клонов сортов Крок и Здабыток нам не удалось выявить клоны, свободные от фитоинфекции.

Следует отметить, что при анализе клонов картофеля на наличие бактериозов *Erwinia carotovora subsp Atroseptica* и *Ralstonia solanacearum*, а также вирусов метельчатости верхушек картофеля и мозаики люцерны не обнаружено ни одного зараженного клона.

За период исследований проведен анализ пораженности вирусной инфекцией, выявленной в протестированных клонах 18 сортов картофеля: Рагнеда, Лад, Скарб, Гарантия, Рубин, Янка, Палац, Журавинка, Мастак, Вектар, Криница, Атлант, Нара, Лель, Ласунок, Лилея, Крок и Здабытак (табл. 2). В результате установлено, что вирусная инфекция представлена как моноинфекцией, так и комплексом вирусов.

По результатам иммуноферментного анализа из 1 835 проверенных клонов 381 был поражен S-вирусом картофеля. Наличие этого патогена отмечено в клонах 15 сортов: Крок – 108, Лель – 66, Ласунок – 49, Мастак – 34, Нара – 34, Криница – 31, Вектар – 31, Янка – 13, Гарантия – 4, Журавинка – 3, Лад – 2, Рубин – 2, Здабытак – 2, Скарб – 1 и Атлант – 1. Следует отметить, что S-вирус картофеля был выявлен в максимальном количестве клонов. Тестирование клонов на наличие X-вируса картофеля позволило выявить искомый патоген в 117 клонах 7 сортов: Ласунок – 3, Нара – 33, Крок – 23, Атлант – 14, Лель – 8, Палац – 2 и Здабытак – 2 клона. Максимальное количество инфицированных ХВК клонов отмечено для сорта Атлант, на долю этого вируса приходится 38,9 %. М-вирус картофеля обнаружен в 106 клонах 9 сортов: Крок – 35, Лель – 31, Криница – 15, Мастак – 11, Нара – 7, Рагнеда – 4, Скарб – 1, Журавинка – 1 и Здабытак – 1. Ярко выраженного преобладания этой инфекции в клонах какого-либо сорта

РАЗДЕЛ 3. ИММУНИТЕТ И ЗАЩИТА КАРТОФЕЛЯ

Таблица 2 – Результаты тестирования клонов картофеля методом ИФА на наличие скрытой вирусной и бактериальной инфекций, 2017–2019 гг.

Сорт	Количество зараженных клонов, шт.										
	ХВК	УВК	СВК	МВК	ВСЛК	АВК	ВПТ	ВМЛ	ВМВК	Черная ножка	Бурая бактериальная гниль
Рагнеда	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0
Лад	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Скарб	0	3	1	1	0	0	0	0	0	0	0
Гарантия	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0
Рубин	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Янка	0	0	13	0	2	0	0	0	0	0	0
Палац	2	0	0	0	0	0	15	0	0	0	0
Журавинка	0	0	3	1	0	0	8	0	0	0	0
Мастак	0	0	34	11	0	1	0	0	0	0	0
Вектар	0	0	31	0	4	0	0	0	0	0	0
Криница	0	0	31	15	2	1	0	0	0	0	0
Атлант	14	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0
Нара	33	0	34	7	0	0	0	0	0	0	0
Лель	8	14	66	31	0	0	1	0	0	0	0
Ласунок	35	2	49	0	2	0	0	0	0	0	0
Лилея	0	37	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Крок	23	11	108	35	5	0	7	0	0	0	0
Здабытак	2	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0
Итого	117	67	381	106	17	2	31	0	0	0	0

не отмечено. По результатам ИФА У-вирус картофеля обнаружен в 67 клонах сортов Лилея, Лель, Крок, Скарб и Ласунок. Вирус погремковости табака выявлен в 31 клоне следующих сортов: Палац, Журавинка, Крок и Лель. Преобладание моноинфекции этого вируса отмечено для клонов сорта Палац, поражение данным вирусом составило 21,7 %. Анализ зараженности клонов вирусом скручивания листьев картофеля показал, что 17 клонов инфицированы этим вирусом, в 2 клонах отмечено наличие А-вируса картофеля.

На заключительном этапе комплексного исследования клонов картофеля на наличие возбудителей вирусных, виroidных и бактериальных болезней был применен ПЦР-анализ в формате FLASH. При выполнении ПЦР-анализа проводили выделение ДНК (РНК) из растительного образца, амплификацию специфических фрагментов ДНК и детекцию продуктов амплификации.

Для анализа из 1 342 свободных от фитоинфекции по результатам ИФА клонов было отобрано 279 клонов 16 сортов: Зорачка, Лад, Скарб, Ласунок, Криница, Вектар, Журавинка, Атлант, Рубин, Мастак, Лилея, Рагнеда, Палац, Нара, Гарантия, Лель (табл. 3). Количество отобранных клонов зависело от планов по размножению того или иного сорта.

ПЦР-диагностика клонов сортов Зорачка, Лад, Скарб, Ласунок и Криница установила, что все протестированные клоны свободны от фитоинфекции. Тестирование 22 клонов сорта Вектар выявило 21 клон (96 %), свободный от инфекции. Анализ результатов ПЦР-тестирования клонов сортов Гарантия, Журавинка, Атлант и Рубин позволил выявить от 90 до 94 % свободного от заражения материала. Из 10 проверенных клонов сорта Лилея свободными от фитоинфекции оказались 8 клонов, что составляет

РАЗДЕЛ 3. ИММУНИТЕТ И ЗАЩИТА КАРТОФЕЛЯ

Таблица 3 – Результаты отбора клонов картофеля, свободных от скрытой фитоинфекции, с применением метода ПЦР-анализа, 2017–2019 гг.

Сорт	Протестированных клонов, шт.	Клоны, свободные от инфекции, шт.	Клоны, свободные от инфекции, %
Зорачка	10	10	100
Лад	10	10	100
Скарб	10	10	100
Ласунок	18	18	100
Криница	20	20	100
Вектар	22	21	96
Гарантия	16	15	94
Журавинка	12	11	92
Атлант	20	18	90
Рубин	10	9	90
Мастак	10	9	90
Лиляя	10	8	80
Рагнеда	30	22	73
Лель	20	12	60
Палац	31	14	45
Нара	30	2	7
Итого	279	209	74,9

80 %. Тестирование клонов сорта Рагнеда и Лель позволило выявить от 60 до 73 % здорового материала. Несколько меньше свободных от фитоинфекции клонов было выявлено при тестировании сорта Палац, а в клонах сорта Нара удалось отобрать всего 7 % здорового материала.

В итоге по результатам ПЦР-анализа выявлено 209 (74,9 %) клонов, не содержащих латентной инфекции X-, Y-, S-, M-, L-, A-вирусов картофеля, вирида веретеновидности клубней картофеля, бурой бактериальной и кольцевой гнили картофеля. Отобранные клоны использованы для размножения и поддержания коллекции сортов картофеля в культуре *in vitro*.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для получения высококачественного исходного семенного материала картофеля была выполнена комплексная диагностика с применением метода индексации, иммуноферментного анализа и метода полимеразной цепной реакции. К диагностике были отобраны и подготовлены клоны 20 сортов белорусской селекции. Тестирование проводили в три этапа, на каждом из которых происходил отбор здорового материала и выбраковка материала несоответствующего качества. Впервые дополнительно на этапе иммуноферментного анализа была выполнена диагностика клонов картофеля на наличие вирусов: погремковости табака, метельчатости верхушек картофеля, мозаики люцерны. По результатам анализа в зависимости от зараженности сорта отобрано от 21 до 100 % клонов, свободных от скрытой вирусной и бактериальной инфекции.

При тестировании клонов картофеля на наличие бактериозов черной ножки, бурой бактериальной гнили, вируса метельчатости верхушек картофеля и вируса мозаики люцерны не было выявлено ни одного зараженного клона. Вирус погремковости табака обнаружен в 31 клоне следующих сортов: Палац, Журавинка, Крок и Лель. Полученные данные свидетельствуют о необходимости тестирования клонов на наличие вируса погремковости табака при отборе исходного материала для размножения и введения

в культуру *in vitro*. На этапе ПЦР-анализа в зависимости от зараженности сорта отобрано от 7 до 100 % клонов, свободных от скрытой вирусной, виroidной и бактериальной инфекции.

Список литературы

1. Защита картофеля от болезней, вредителей и сорняков / Б. В. Анисимов [и др.]. – М. : Картофелевод, 2009. – 272 с.
2. Сорока, С. В. Вирусы и вирусные болезни сельскохозяйственных культур / С. В. Сорока, Ж. В. Блоцкая, В. В. Вабищевич ; науч. ред. Р. В. Гнутова. – Несвиж : Несвижская укр. тип., 2009. – 128 с.
3. Болезни, вызываемые вирусами и виroidами [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://agrokorenevo.ru/bolezni_vyzyvayemye_virusami_i_viro. – Дата доступа: 05.12.2017.
4. European and Mediterranean Plant Protection Organization Organisation Européenne et Méditerranéenne pour la Protection des Plantes [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.eppo.int/>. – Дата доступа: 27.09.2020.
5. Русецкий, Н. В. Мониторинг Tobacco rattle-virus, Potato mop-top virus и Alfalfa mosaic virus в посадках картофеля Гомельской области / Н. В. Русецкий, В. А. Козлов, 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, 2014. – Т. 22. – С. 139–149.
6. Русецкий, Н. В. Мониторинг Tobacco rattle virus, Potato mop-top virus и Alfalfa mosaic virus в посадках картофеля Витебской области / Н. В. Русецкий, В. А. Козлов, 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, 2015. – Т. 23. – С. 131–142.
7. Мониторинг вирусных болезней, вызывающих некротические повреждения клубней картофеля / С. А. Турко [и др.] // Земледелие и защита растений. – 2016. – № 4. – С. 25–31.
8. Волуевич, Е. А. Генетика устойчивости картофеля (*Solanum tuberosum*) к X- и Y-вирусам / Е. А. Волуевич, Н. В. Павлючук // Вес. Нац. акад. наук Беларуси. Сер. биол. наук. – 2013. – № 3. – С. 105–112.
9. Иванюк, В. Г. Защита картофеля от болезней, вредителей и сорняков / В. Г. Иванюк, С. А. Банадысев, Г. К. Журомский. – Минск : Белпринт, 2005. – 696 с.
10. Турко, С. А. Положение о семеноводстве картофеля в Республике Беларусь / С. А. Турко ; сост. С. А. Турко, И. И. Колядко, В. И. Дударевич ; Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству. – Самохваловичи, 2012. – 22 с.
11. Эффективность сочетания полевого отбора с культурой *in vitro* при производстве семенного материала / А. И. Адамова [и др.] // Картофелеводство : сб. науч. тр. / Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству ; редкол.: В. Г. Иванюк (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2008. – Т. 14. – С. 14–19.
12. Методика проведения полевых обследований и послеуборочного контроля качества семенного картофеля. – М. : Издательство «Икар», 2005. – 112 с.
13. Инструкция по применению реагентов для проведения ПЦР амплификации ДНК фитопатогенов / АгроДиагностика. – М., 2009. – 3 с.

Поступила в редакцию 12.10.2021 г.

G. N. GUSCHA, E. V. RADKOVICH, N. S. SERDYUKOVA,
Yu. A. HALIMONENKO, V. V. ANTSEPOVICH

**DETECTION OF VIRAL AND BACTERIAL INFECTIONS IN ORDER
TO OBTAIN HIGH QUALITY INITIAL POTATO SEED MATERIAL**

SUMMARY

*The article presents the research results on the selection of clones free from phytoinfection in original potato seed production. It is necessary to use a number of diagnostic tests that complement each other and allow the detection of a wide range of viral infections such as PVX, PVY, PVS, PVM, PLRV, PVA, TRV, PMTV, AMV, PSTV and bacterioses: *Ralstonia solanacearum*, *Pectobacterium carotovorum* subsp. *Atrosepticum*, *Clavibacter michiganensis*. Moreover, studies have shown the necessity for TRV detection testing when selecting the initial ancestral material for introduction into the in vitro culture.*

Key words: potatoes, clone, variety, selection, indexing, virus, bacteriosis, ELISA, PCR.

УДК 635.21:[631.524.86:632.484]

<https://doi.org/10.47612/0134-9740-2021-29-93-97>**В. Н. Назаров, И. И. Бусько, И. В. Леванцевич,****Л. А. Манцевич, М. М. Тимохова**

РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук

Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству»,

аг. Самохваловичи, Минский район

УСТОЙЧИВОСТЬ СЕЛЕКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА КАРТОФЕЛЯ К РИЗОКТОНИОЗУ

РЕЗЮМЕ

Представлена устойчивость гибридов картофеля к *Rhizoctonia solani* Kuhn. Дана оценка селекционного материала картофеля по устойчивости ростков и клубней. Выделившиеся гибриды рекомендованы для вовлечения в селекционный процесс.

Ключевые слова: картофель, ризоктониоз, устойчивость, селекция.

ВВЕДЕНИЕ

Ризоктониоз картофеля по распространенности и вредоносности занимает второе место после фитофтороза. Гриб *Rhizoctonia solani* Kuhn. поражает свыше 230 видов растений [1].

Сведения о встречаемости заболевания в пределах Беларуси недостаточно полные. Это связано с тем, что произошедшие в настоящее время значительные изменения в фитопатологической ситуации на картофеле, в биологии возбудителя ризоктониоза, связанные со сменой районированных сортов, изменением ассортимента фунгицидов-протравителей, широким использованием гербицидов, внесением повышенных доз органических и минеральных удобрений, насыщением севооборотов картофелем, привели к значительному повышению вредоносности данного заболевания. Разница в степени развития ризоктониоза по регионам республики обусловлена почвенно-климатическими условиями областей и сортовыми особенностями картофеля. Брестская, Гомельская и Гродненская области по метеорологическим условиям находятся в более теплой зоне с умеренно влажным климатом. Число дней с температурой воздуха выше 15 °С в них на 20 больше, чем в Могилевской и Витебской. Промежуточное положение занимает Минская область. Средняя температура летом здесь выше, чем в северных областях, но ниже, чем в южных. Кроме того, в южных и юго-западных районах республики преобладают дерново-подзолистые песчаные почвы, которые при повышенной температуре воздуха и относительно небольшом количестве выпавших осадков быстро иссушаются. Это создает неблагоприятные условия для поражения клубней ризоктониозом. Дерново-подзолистые суглинистые почвы Гродненской, Минской и Гомельской областей с рН от слабокислой до нейтральной создают оптимальные условия для развития патогена. Кислые, торфяные почвы Витебской области и тяжелые суглинистые Могилевской сдерживают распространение ризоктониоза. Несмотря на определяющую роль температурного режима в период вегетации и гранулометрического состава почвы, в развитии *R. solani* на клубнях сортовые особенности картофеля также являются важным фактором, влияющим на распространенность болезни [1].

РАЗДЕЛ 3. ИММУНИТЕТ И ЗАЩИТА КАРТОФЕЛЯ

Устойчивость сортов к данному заболеванию способна сохранить и приумножить урожай картофеля, улучшить качество продукции. Растения, пораженные ризоктониозом, отстают в росте, увядают, листья темнеют и засыхают. На ростках появляются коричневые пятна от одиночных до глубоких язв, охватывающих всю окружность ростка, на клубнях – в виде склероций темного цвета, напоминающие торфяные пятна. Потери урожая картофеля в настоящее время при благоприятных условиях для развития *R. solani* достигают 49 %, снижается качество семенного материала. Агротехнические методы обеспечивают довольно эффективно защиту картофеля от ризоктониоза в случае депрессивного или умеренного его проявления на клубнях. Однако при эпифитотийном развитии заболевания эти приемы не могут в полной мере способствовать выращиванию здорового и высококачественного семенного материала картофеля [2, 3]. Некоторые авторы указывают на эффективность химических обработок [4], однако выведение и внедрение в производство устойчивых к ризоктониозу сортов картофеля являются одним из наиболее эффективных и экологически безопасных методов их защиты от болезни [1]. Созданные на основе диких и культурных видов картофеля межвидовые гибриды являются источниками хозяйственно ценных признаков для селекции сортов различного народно-хозяйственного назначения [5, 6].

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» Минского района, аг. Самохваловичи. 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 2019 – 2020 гг. представлены в таблице 1.

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].

Таблица 1 – Метеорологические показатели

Месяц	2019 г.		2020 г.	
	Средняя температура, °С	Осадки, мм	Средняя температура, °С	Осадки, мм
Май	13,8	21,7	10,6	20,1
Июнь	20,7	18,8	18,7	21,9
Июль	16,6	25,3	18,2	27,1
Август	17,7	33,8	18,4	43,1

Оценку устойчивости гибридов картофеля к ризоктониозу по росткам осуществляли 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 2019 г. проводились исследования 37 гибридов конкурсного сортоиспытания в сравнении с пятью сортами-стандартами; в 2020 г. – 52 гибрида конкурсного сортоиспытания в сравнении с пятью сортами-стандартами. Опыт закладывали в трех повторностях с рендомизированным расположением делянок.

Определение поражения картофеля ризоктониозом по росткам осуществляли в 2019 г. 4 июля и в 2020 г. 6 июля. Для этого с каждой делянки брали по пять 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 проводили в период уборки в 2019–2020 гг. По формуле подсчитывался средний балл устойчивости, и в дальнейшем по результатам среднего балла определяли устойчивость гибридов картофеля к поражению ризоктониозом.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Результаты исследований искусственно зараженных гибридов и стандартов 2019–2020 гг. показали, что очень высокой и 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 2019–2020 гг. было отмечено: по росткам – со средней степенью устойчивости 81,1 и 71,2 %; по клубням – основное количество гибридов наблюдалось с относительно высокой степенью устойчивости – 62,2 и 84,6 % соответственно. Со средней степенью устойчивости к болезни по клубням в 2019 г. – 37,8 % (14 шт.), в 2020 г. – 15,4 % (8 шт.). Незначительное количество гибридов с низкой степенью устойчивости (2 шт.) было только в 2020 г. и то по росткам, а с очень низкой степенью на протяжении двух лет гибридов не было обнаружено как по росткам, так и по клубням.

Наивысший средний балл исследуемых гибридов картофеля в 2019–2020 гг. с относительно высокой степенью устойчивости и средней степенью устойчивости к болезни приведен в таблице 3.

РАЗДЕЛ 3. ИММУНИТЕТ И ЗАЩИТА КАРТОФЕЛЯ

Таблица 2 – Результаты оценки устойчивости к ризиктониозу гибридов картофеля конкурсного испытания, 2019–2020 гг.

Степень устойчивости	Ростки				Клубни			
	2019 г.		2020 г.		2019 г.		2020 г.	
	шт.	%	шт.	%	шт.	%	шт.	%
Очень высокая	–	–	–	–	–	–	–	–
Высокая	–	–	–	–	–	–	–	–
Относительно высокая	7	18,9	13	25,0	23	62,2	44	84,6
Средняя	30	81,1	37	71,2	14	37,8	8	15,4
Низкая	–	–	2	3,8	–	–	–	–
Очень низкая	–	–	–	–	–	–	–	–
Всего	37	100	52	100	37	100	52	100

Таблица 3 – Гибриды картофеля с наивысшим средним баллом

Устойчивость	Ростки		Клубни	
	2019 г.	2020 г.	2019 г.	2020 г.
Относительно высокая	123124-3 (7,6)	9065-16 (7,5)	9055-29 (8,6)	9065-29 (8,8)
	123056-6 (7,5)	9026-18 (7,4)	9065-6 (8,6)	133151-19 (8,7)
	5/9065-16 (7,4)	143172-7 (7,4)	9065-11 (8,4)	9074-16 (8,5)
	123098-13 (7,1)	25-15-5 (7,4)	9073-5 (8,0)	9074-12 (8,4)
Средняя	123036-9 (6,9)	143179-11 (6,9)	123124-3 (6,9)	133119-4 (6,9)
	3375-3 (6,9)	3471-10 (6,9)	123056-6 (6,9)	3535-7 (6,9)
	13/9055-8 (6,9)	9074-16 (6,9)	7-14-11 (6,9)	133152-40 (6,8)
	123119-4 (6,8)	123098-13 (6,8)	123081-3 (6,8)	143172-7 (6,8)

Примечание. В скобках указан средний балл.

Гибриды с относительно высокой степенью устойчивости по росткам и клубням данного периода, представленные в таблице 3, имели средний балл выше, чем стандарты (табл. 4).

В результате исследований некоторые изучаемые гибриды проявили хорошую устойчивость к ризиктониозу. Лучшими гибридами со своими сортовыми особенностями, которые обладали относительно высокой степенью устойчивости к болезни, оказались: 2019 г. – 9055-29 (8,6), 9065-6 (8,6), 9065-11 (8,4), 9073-5 (8,0); 2020 г. – 9065-29 (8,8), 133151-19 (8,7), 9074-16 (8,5), 9074-12 (8,4). Данные гибриды были рекомендованы для дальнейшей селекционной работы при выведении новых сортов, устойчивых к ризиктониозу.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Очень высокой степенью устойчивости к ризиктониозу как по росткам, так и по клубням на протяжении двух лет не обладал ни один гибрид.

При оценке устойчивости к болезни гибридов конкурсного испытания 2019–2020 гг. по росткам основное их количество было со средней степенью устойчивости – 81,1–71,2 %,

Таблица 4 – Средний балл исследуемых стандартов картофеля

Стандарты	Ростки		Клубни	
	2019 г.	2020 г.	2019 г.	2020 г.
Лилея	6,9	6,5	7,7	7,4
Скарб	6,2	7,1	7,8	7,6
Рагнеда	6,4	5,9	7,2	7,2
Вектар	6,3	6,2	7,5	6,9
Манифест	6,5	6,5	6,6	7,2

намного меньше – 18,9–25,0 % – с относительно высокой степенью. По клубням наблюдали основное количество гибридов с относительно высокой степенью устойчивости – 62,2–84,6 %, со средней степенью устойчивости к болезни – 37,8–15,4 % соответственно.

Гибриды с относительно высокой степенью устойчивости к ризоктониозу, выделенные в 2019 г. (9055-29, 9065-6, 9065-11, 9073-5) и 2020 г. (9065-29, 133151-19, 133152-40, 143172-7), рекомендованы для дальнейшей селекционной работы.

Список литературы

1. Иванюк, В. Г. Защита картофеля от болезней, вредителей и сорняков / В. Г. Иванюк, С. А. Банадысев, Г. К. Журомский. – Минск, 2003. – 525 с.
2. Биопрепарат Бактосол в защите картофеля от болезней во время вегетации / И. И. Бусько [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, 2013. – Т. 21. – С. 220–226.
3. Эффективность препарата Селест-топ, КС в защите картофеля от ризоктониоза / И. И. Бусько [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, 2013. – Т. 21. – С. 228–232.
4. Экологические основы защиты картофеля от комплекса болезней грибной и бактериальной этиологии / Э. И. Коломиец [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, 2018. – Т. 26. – С. 125–128.
5. Фитопатологическая ситуация на картофеле в Беларуси и пути ее улучшения / В. Г. Иванюк [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, 2000. – Т. 10. – С. 163–170.
6. 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. Абакшонок // Картофелеводство : сб. науч. тр. / Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству ; редкол.: В. Г. Иванюк (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2011. – Т. 19. – С. 108–115.
7. Методические указания по оценке селекционного материала картофеля на устойчивость к фитофторозу, ризоктониозу, бактериальным болезням и механическим повреждениям / НИИКХ. – М., 1980. – 52 с.

Поступила в редакцию 14.10.2021 г.

V. N. NAZAROV, I. I. BUSKO, I. V. LEVANTSEVICH,
L. A. MANTSEVICH, M. M. TIMONOVA

POTATOES BREEDING MATERIAL ASSESSMENT FOR RESISTANCE TO *RHIZOCTONIA SOLANI* KUHN.

SUMMARY

The two-year data on resistance of competitive variety trials of potatoes hybrids to Rhizoctonia solani Kuhn. are presented in the article. The evaluation of potatoes breeding material for sprouts and tubers for resistance to Rhizoctonia solani Kuhn. is given and some hybrids have been recommended for selective breeding.

Key words: potatoes, *Rhizoctonia solani*, resistance, selective breeding.

РАЗДЕЛ 4
**ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА,
ПЕРЕРАБОТКИ И ХРАНЕНИЯ КАРТОФЕЛЯ**

УДК 635.21:631.8(476-18)

<https://doi.org/10.47612/0134-9740-2021-29-98-104>

Е. Л. Ионас, И. В. Ковалева, Т. В. Кардис, М. Н. Шагитова

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,

г. Горки, Могилевская область

E-mail: eliaai@rambler.ru

**ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ
ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ КАРТОФЕЛЯ В СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ
ЧАСТИ БЕЛАРУСИ**

РЕЗЮМЕ

Приведены результаты оценки эффективности влияния макро- и микроудобрений, регуляторов роста при производстве раннего сорта картофеля Палац и сред-неспелого сорта Волат на урожайность, структуру урожая и качество клубней на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве северо-восточной части Беларуси.

Ключевые слова: картофель, сорт, удобрения, регуляторы роста, дерново-подзолистая почва, урожай, качество.

ВВЕДЕНИЕ

Одной из тенденций мирового рынка картофеля является резкое увеличение количества новых сортов в сортименте, что связано с изменениями предпочтений конечных потребителей (форма, окраска кожуры, содержание сухих веществ и крахмала, вкусовые качества, пригодность для промышленной переработки и др.) [1].

В последнее время создано много новых высокопродуктивных сортов картофеля, значительно различающихся по реакции на климатические условия, уровень плодородия почвы, дозы и соотношения минеральных удобрений [2, 3].

Вопрос сортовой отзывчивости картофеля на внесение удобрений изучается давно, однако до настоящего времени эти исследования остаются актуальными, что обусловлено целым рядом причин. Реакция сортов является величиной подвижной (легко изменяется от влияния погоды, плодородия почвы, от дозы удобрений). Различие в отклике сортов картофеля на удобрения по своей величине настолько значительно, что не может игнорироваться при их использовании под культуру.

В настоящее время большое внимание уделяется внедрению энергосберегающих технологий возделывания сельскохозяйственных культур. Существенно повысить урожайность и снизить затраты на удобрения можно за счет оптимизации минерального питания, совместного их применения с микроэлементами и регуляторами роста [4, 5].

Актуальность данных исследований возрастает и в связи с внедрением в производство точного земледелия, для которого необходима конкретная информация по сортам о выносе питательных веществ с единицы продукции, коэффициентах использования элементов питания из удобрений и почвы, влиянии удобрений на показатели качества продукции [6].

РАЗДЕЛ 4. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА, ПЕРЕРАБОТКИ И ХРАНЕНИЯ КАРТОФЕЛЯ

Очень важно правильно сбалансировать питание картофеля макро- и микроэлементами с учетом плодородия почв и биологических особенностей сортов [3]. Это требовало дальнейшего изучения совершенствования системы применения удобрений для новых сортов картофеля с целью получения высоких урожаев с хорошим качеством клубней.

В связи с этим целью исследования – определить эффективность влияния макро- и микроудобрений, регуляторов роста при производстве раннего сорта картофеля Палац и среднеспелого сорта Волат на урожайность, структуру урожая и качество клубней на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве северо-восточной части Беларуси.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Экспериментальные исследования проводились в 2020–2021 гг. на территории УНЦ «Опытные поля Белорусской государственной сельскохозяйственной академии» на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, развивающейся на легком лессовидном суглинке, подстилаемом с глубины около 1 м моренным суглинком. В качестве объекта исследований выступали два сорта картофеля белорусской селекции, которые выведены в РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству»: ранний – Палац (внесен в Госреестр Республики Беларусь в 2017 г.) и среднеспелый – Волат (внесен в Госреестр Республики Беларусь в 2015 г.).

Посадку картофеля проводили в 2020 г. 11 мая и в 2021 г. 14 мая картофелесажалкой КСМ-4 с густотой посадки 48–50 тыс. шт/га. Предшественник – яровой рапс. Общая площадь делянки 25,2 м², учетной – 12,6 м². Агротехника возделывания картофеля – общепринятая для условий Могилевской области.

В опытах применяли карбамид (46 % N), аммонизированный суперфосфат (9 % N; 30 % P₂O₅), аммофос (10 % N; 35 % P₂O₅) и хлористый калий (60 % K₂O).

Для некорневой подкормки использовали израильское комплексное удобрение Нутри-вант Плюс (картофельный) с содержанием: N₀ + P₄₃ + K₂₈ + Mg₂ + B_{0,5} + Mn_{0,2} + Zn_{0,2} + фертивант, которое вносили по вегетирующим растениям у сорта Палац в дозах по 2,5 кг/га в фазу смыкания ботвы и в фазу бутонизации – конец цветения, а у сорта Волат – по 2,0 кг/га в фазу смыкания ботвы, в фазу бутонизации и в фазу клубнеобразования соответственно. Также использовали польское комплексное удобрение Адоб Профит со следующим содержанием: N (10 %), P (40), K (8), B (0,05), Cu (0,1), Mn (0,1), Zn (0,1), Mg (3,0), Mo (0,01 %) в дозе 2,0 кг/га в фазу высоты растений 15–20 см и в фазу цветения. В опыте применяли белорусское комплексное удобрение МикроСтим В, Cu, включающее N – 65 г/л, B – 40, Cu – 40 г/л, гуминовые вещества 0,6–6,0 мг/л в дозе 1,3 л/га в фазу начала бутонизации, а также регулятор роста Оксигумат (картофель) с содержанием гуминовых веществ, макро- и микроэлементов (N, P, K, Ca, Mg, Cu, Zn, Fe, B, Mn) в дозе 1,0 л/га в фазу высоты растений 15–20 см и в фазу бутонизации.

Уход за посадками картофеля состоял из 3-кратных междурядных обработок культиватором-окушником. В 2020 г. до появления всходов вносили почвенный гербицид Мистрал (1,0 кг/га), по всходам – Фюзилад Форте (1,0 л/га), проводили две обработки против фитофтороза препаратом Акробат МЦ (2,0 кг/га) и одну обработку Трайдекс (1,5 кг/га), инсектицидная обработка проводилась препаратом Борей (0,12 л/га) 2-кратно. В 2021 г. до всходов картофеля использовали почвенный гербицид Мистрал (1,0 кг/га), по всходам против однолетних и многолетних двудольных и злаковых сорняков применяли гербицид Кассиус ВРП (50 г/га) и Фюзилад

РАЗДЕЛ 4. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА, ПЕРЕРАБОТКИ И ХРАНЕНИЯ КАРТОФЕЛЯ

Форте (1,8 л/га). Фунгицидные обработки выполняли препаратами Орвего (0,8 л/га) и Ридомил Голд МЦ (2,5 кг/га), инсектицидную обработку осуществляли препаратом Актара (0,07 кг/га).

В течение вегетации проводили фенологические наблюдения и учеты в соответствии с методикой исследований по культуре картофеля [7]. Урожай учитывали сплошным поделочным методом с определением его структуры путем взвешивания клубней по фракциям. Товарность определяли весом всех клубней свыше 30 мм, выраженным в процентах от общего урожая.

Статистическую обработку данных выполняли методом дисперсионного анализа по Б. А. Доспехову [8]. Содержание крахмала определяли по удельному весу клубней [9].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Обработка посадок картофеля по вегетирующим растениям комплексным удобрением Нутривант Плюс (картофельный) и регулятором роста Оксигумат (картофель) у раннего сорта Палац по действию на урожайность клубней была равнозначной (35,5 и 35,1 т/га) и повышала ее по сравнению с фоновым вариантом ($N_{70}P_{80}K_{120}$) на 3,7 и 3,3 т/га соответственно. Окупаемость 1 кг NPK кг клубней в этих вариантах составила 13,7 и 12,2 кг соответственно.

При использовании МикроСтима В, Си на фоне $N_{70}P_{80}K_{120}$ урожайность картофеля и окупаемость 1 кг NPK кг клубней составили 34,9 т/га и 11,5 кг соответственно (табл. 1).

Максимальная продуктивность картофеля (36,8 т/га) у сорта Палац была получена при некорневой подкормке комплексным удобрением Адоб Профит на фоне $N_{70}P_{80}K_{120}$. В этом варианте опыта прибавка урожайности к фону составила 5,0 т/га, а окупаемость 1 кг NPK урожаем клубней – 18,5 кг.

В исследованиях с картофелем сорта Волат урожайность клубней с внесением до посадки $N_{70}P_{80}K_{120}$ составила 26,4 т/га.

Таблица 1 – Влияние макро- и микроудобрений, регуляторов роста на урожайность картофеля, 2020–2021 гг.

Вариант опыта	Урожайность, т/га			Прибавка урожая к фону, т/га	Окупаемость 1 кг д. в. NPK удобрений урожаем клубней, кг
	2020 г.	2021 г.	Среднее за 2 года		
Сорт Палац					
1. $N_{70}P_{80}K_{120}$ – Фон	29,4	34,2	31,8	–	–
2. $N_{70}P_{80}K_{120}$ + МикроСтим В, Си	31,9	37,8	34,9	3,1	11,5
3. $N_{70}P_{80}K_{120}$ + Нутривант Плюс (картофельный)	32,6	38,4	35,5	3,7	13,7
4. $N_{70}P_{80}K_{120}$ + Адоб Профит	34,5	39,1	36,8	5,0	18,5
5. $N_{70}P_{80}K_{120}$ + Оксигумат (картофель)	32,2	37,9	35,1	3,3	12,2
НСР ₀₅	1,4	1,6	1,1	–	–
Сорт Волат					
1. $N_{70}P_{80}K_{120}$ – Фон	20,3	32,4	26,4	–	–
2. $N_{70}P_{80}K_{120}$ + МикроСтим В, Си	23,7	36,9	30,2	3,8	14,1
3. $N_{70}P_{80}K_{120}$ + Нутривант Плюс (картофельный)	24,3	37,8	31,1	4,7	17,4
4. $N_{70}P_{80}K_{120}$ + Адоб Профит	22,7	36,5	29,6	3,2	11,9
5. $N_{70}P_{80}K_{120}$ + Оксигумат (картофель)	21,6	36,4	29,0	2,6	9,6
НСР ₀₅	1,2	2,3	1,3	–	–

РАЗДЕЛ 4. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА, ПЕРЕРАБОТКИ И ХРАНЕНИЯ КАРТОФЕЛЯ

При использовании удобрений МикроСтим В, Су, Адоб Профит и регулятора роста Оксигумат (картофель) на фоне $N_{70}P_{80}K_{120}$ прибавка урожайности картофеля к фону составила 3,8 т/га, 3,2 и 2,6 т/га при окупаемости 1 кг НРК кг клубней 14,1 кг, 11,9 и 9,6 кг соответственно.

Максимальная продуктивность картофеля (31,1 т/га) у сорта Волат в среднем за два года исследований (2020–2021 гг.) была получена от некорневой подкормки Нутривантом Плюс (картофельный) на фоне $N_{70}P_{80}K_{120}$. В этом варианте окупаемость 1 кг НРК урожаем клубней составила 17,4 кг.

Анализ структуры урожая показывает, что применение по вегетирующим растениям комплексных удобрений с содержанием макро- и микроэлементов, регуляторов роста оказывает положительное влияние на фракционный состав клубней (табл. 2).

У сорта Палац самый большой выход мелкой фракции клубней менее 30 мм (12,9 %) и минимальный выход клубней крупной фракции размером более 60 мм (15,0 %) в структуре урожая был отмечен на фоне $N_{70}P_{80}K_{120}$.

Минимальная доля мелких клубней получена при применении Нутриванта Плюс (картофельный) (3,7 %) и Оксигумата (картофель) (3,4 %) на фоне $N_{70}P_{80}K_{120}$.

Максимальная урожайность в варианте с применением Адоб Профит на фоне $N_{70}P_{80}K_{120}$ была получена за счет увеличения выхода крупной фракции клубней более 60 мм, где он составил 22,1 %, что на 7,1 % превышало фон.

Несколько меньше доля клубней крупной фракции была отмечена в среднем за два года исследований (2020–2021 гг.) в вариантах с использованием водорастворимого комплексного удобрения Нутривант Плюс (картофельный) и регулятора роста Оксигумат (картофель) с содержанием гуминовых веществ, макро- и микроэлементов – 18,5 и 18,4 % соответственно.

Обработка посадок картофеля Оксигуматом (картофель) на фоне $N_{70}P_{80}K_{120}$ способствовала повышению средней фракции клубней (30–60 мм) с 72,1 до 78,2 %.

Наиболее высокая товарность клубней картофеля сорта Палац в среднем за 2020–2021 гг. наблюдалась при применении Нутриванта Плюс (картофельный) (96,3 %) и регулятора роста Оксигумат (картофель) (96,6 %) на фоне $N_{70}P_{80}K_{120}$.

Таблица 2 – Влияние макро- и микроудобрений, регуляторов роста на фракционный состав клубней картофеля, среднее за 2020–2021 гг.

Вариант опыта	Масса клубней по фракциям, г/куст / % от общей массы			Товарность, %
	менее 30 мм	30–60 мм	более 60 мм	
Сорт Палац				
1. $N_{70}P_{80}K_{120}$ – Фон	103,3/12,9	573,9/72,1	126,4/15,0	87,1
2. $N_{70}P_{80}K_{120}$ + МикроСтим В, Су	66,8/7,1	700,4/75,0	170,5/17,9	92,9
3. $N_{70}P_{80}K_{120}$ + Нутривант Плюс (картофельный)	35,4/3,7	729,2/77,8	175,2/18,5	96,3
4. $N_{70}P_{80}K_{120}$ + Адоб Профит	51,0/5,3	689,6/72,6	212,8/22,1	94,7
5. $N_{70}P_{80}K_{120}$ + Оксигумат (картофель)	30,7/3,4	702,3/78,2	169,1/18,4	96,6
Сорт Волат				
1. $N_{70}P_{80}K_{120}$ – Фон	89,3/15,7	514,4/76,5	64,5/7,9	84,3
2. $N_{70}P_{80}K_{120}$ + МикроСтим В, Су	35,8/4,9	652,9/85,7	90,1/9,5	95,2
3. $N_{70}P_{80}K_{120}$ + Нутривант Плюс (картофельный)	57,1/5,2	632,0/84,1	103,6/10,8	94,9
4. $N_{70}P_{80}K_{120}$ + Адоб Профит	33,3/4,6	593,6/84,6	95,8/10,8	95,4
5. $N_{70}P_{80}K_{120}$ + Оксигумат (картофель)	54,3/8,5	545,6/80,2	98,2/11,4	91,6

РАЗДЕЛ 4. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА, ПЕРЕРАБОТКИ И ХРАНЕНИЯ КАРТОФЕЛЯ

Несколько ниже товарность клубней была получена при использовании Адоб Профит (94,7 %). При применении МикроСтива В, Си товарность клубней снижалась до 92,9 %.

У среднеспелого сорта Волат на фоне $N_{70}P_{80}K_{120}$ выход мелкой фракции клубней менее 3 мм в структуре урожая составил 15,7 %.

Минимальная доля мелких клубней была получена при применении Адоб Профит (4,6 %) и МикроСтива В, Си (4,9 %), выход средней фракции в этих вариантах был максимальным – 84,6 и 85,7 % соответственно. Товарность клубней в данных вариантах также была наибольшей и составила 95,4 и 95,2 %, что превысило фон на 11,1 и 10,9 % соответственно.

В среднем за два года исследований (2020–2021 гг.) обработка растений Оксигуматом (картофель) способствовала увеличению крупной фракции клубней более 60 мм до 11,4 %, превышая фон $N_{70}P_{80}K_{120}$ на 3,5 %.

У сорта Палац максимальное количество крахмала в клубнях картофеля было получено при применении комплексного удобрения Адоб Профит на фоне $N_{70}P_{80}K_{120}$ (16,2 %). Выход крахмала в этом варианте составил 6,0 т/га (табл. 3).

Применение МикроСтива В, Си и Оксигумата (картофель) на фоне $N_{70}P_{80}K_{120}$ не повышало содержание крахмала в клубнях, но увеличивало выход крахмала на 0,5 т/га в связи с возрастанием урожайности.

У среднеспелого картофеля сорта Волат использование комплексных удобрений Нутривант Плюс (картофельный), Адоб Профит и МикроСтив В, Си на фоне $N_{70}P_{80}K_{120}$ не влияло на содержание крахмала в клубнях, но увеличивало выход крахмала на 0,4–0,5 т/га в связи с возрастанием урожайности.

Таблица 3 – Влияние макро- и микроудобрений, регуляторов роста на содержание крахмала в клубнях картофеля

Вариант опыта	Содержание крахмала, %			Выход крахмала, т/га		
	2020 г.	2021 г.	Среднее	2020 г.	2021 г.	Среднее
Сорт Палац						
1. $N_{70}P_{80}K_{120}$ – Фон	15,1	16,2	15,7	4,4	5,5	5,0
2. $N_{70}P_{80}K_{120}$ + Микро-Стив В, Си	14,9	16,3	15,6	4,8	6,2	5,5
3. $N_{70}P_{80}K_{120}$ + Нутривант Плюс (картофельный)	15,1	13,0	14,1	4,9	5,0	5,0
4. $N_{70}P_{80}K_{120}$ + Адоб Профит	15,5	16,8	16,2	5,3	6,6	6,0
5. $N_{70}P_{80}K_{120}$ + Оксигумат (картофель)	16,4	14,8	15,6	5,3	5,6	5,5
НСР ₀₅	0,4	0,3	0,3	–	–	–
Сорт Волат						
1. $N_{70}P_{80}K_{120}$ – Фон	17,1	18,3	17,7	3,5	5,9	4,7
2. $N_{70}P_{80}K_{120}$ + Микро-Стив В, Си	16,6	17,1	16,9	3,9	6,3	5,1
3. $N_{70}P_{80}K_{120}$ + Нутривант Плюс (картофельный)	16,9	16,2	16,6	4,1	6,1	5,1
4. $N_{70}P_{80}K_{120}$ + Адоб Профит	16,6	17,7	17,2	3,8	6,5	5,2
5. $N_{70}P_{80}K_{120}$ + Оксигумат (картофель)	16,7	15,7	16,2	3,6	5,7	4,7
НСР ₀₅	0,4	0,7	0,4	–	–	–

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Двукратная некорневая подкормка комплексным удобрением Адоб Профит на фоне $N_{70}P_{80}K_{120}$ в среднем за 2020–2021 гг. повышала урожайность клубней раннего сорта Палац на 5,0 т/га, способствовала получению максимальной урожайности картофеля – 36,8 т/га, увеличивала выход крупной фракции клубней до 22,1 %, товарность клубней картофеля – до 94,7 %, крахмала – на 0,5 %, выход крахмала – на 1,0 т/га.

Обработка посадок картофеля по вегетирующим растениям комплексным удобрением Нутривант Плюс (картофельный) и регулятором роста Оксигумат (картофель) у сорта Палац по действию на урожайность клубней была равнозначной (35,5 и 35,1 т/га) и повышала ее по сравнению с фоновым вариантом ($N_{70}P_{80}K_{120}$) на 3,7 и 3,3 т/га, увеличивала выход крупной фракции клубней на 3,5 и 3,4 % и товарность клубней картофеля на 9,2 и 9,5 %.

Максимальная продуктивность картофеля (31,1 т/га) у сорта Волат была получена от некорневой подкормки Нутривантом Плюс (картофельный) на фоне $N_{70}P_{80}K_{120}$. Обработка посадок данным препаратом повышала урожайность по отношению к фону на 4,7 т/га (с 26,4 до 31,1 т/га), увеличивала выход крупной фракции клубней на 2,9 % и крахмала на 0,4 т/га.

Список литературы

1. Маханько, В. Л. Современное состояние селекции, семеноводства и переработки картофеля в Беларуси / В. Л. Маханько, С. А. Примаченко // 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. 213–221.
2. Котиков, М. В. Влияние различных видов удобрений на урожайность и качество картофеля / М. В. Котиков, Ю. Ю. Васин // Агрехимический вестник. – 2007. – № 1. – С. 17–18.
3. Подлужный, Г. И. Удобрения, сорт и качество клубней картофеля / Г. И. Подлужный, А. И. Кусков // Почвоведение и агрохимия. – 2005. – № 1 (34). – С. 284–287.
4. Вильдфлуш, И. Р. Агрэкономічная эфэктывнасць прымянення новых форм мікрэудобраў пры вырошчванні яровой пшэніцы / И. Р. Вильдфлуш, Е. И. Коготько // Земляробства і ахова раслін. – 2011. – № 4. – С. 12–14.
5. Удобрения и качество урожая сельскохозяйственных культур / И. Р. Вильдфлуш [и др.]. – Минск: УП «Технопринт», 2005. – 276 с.
6. Беленков, А. И. Совершенствование технологии возделывания картофеля в системе точного земледелия / А. И. Беленков, Е. В. Березовский, С. В. Железова // Картофель и овощи. – 2019. – № 6. – С. 30–34.
7. Методика исследований по культуре картофеля / НИИ картофельного хозяйства; редкол.: Н. С. Бацанов [и др.]. – М., 1967. – 265 с.
8. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – М.: Колос, 1985. – 416 с.
9. Практикум по агрохимии: учеб. пособие / И. Р. Вильдфлуш [и др.]; под ред. И. Р. Вильдфлуша, С. П. Кукуреша. – Минск: Ураджай, 1998. – 272 с.

Поступила в редакцию 16.09.2021 г.

E. L. IONAS, I. V. KOVALEVA, T. V. KARDIS, M. N. SHAGITOVA

**FERTILIZERS EFFECTIVENESS ASSESSMENT IN POTATO
PRODUCTION IN THE NORTH-EASTERN PART OF BELARUS**

SUMMARY

The article presents the assessment of the effectiveness of macro- and micro-fertilizers, growth regulators in the production of the early potato variety of Palats and mid-ripening variety Volat on yield, yield structure and quality of tubers on sod-podzolic light loamy soil in the north-eastern part of Belarus.

Key words: potatoes, variety, fertilizers, growth regulators, sod-podzolic soil, yield, quality.

УДК 635.21:581.19

<https://doi.org/10.47612/0134-9740-2021-29-105-110>

В. А. Рылко

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,

г. Горки, Могилевская область

E-mail: vital_rylko@rambler.ru

ВЛИЯНИЕ ОТДЕЛЕНИЯ МАТЕРИНСКОГО КЛУБНЯ КАРТОФЕЛЯ ОТ РАСТЕНИЯ НА УРОЖАЙНЫЕ СВОЙСТВА ПОТОМСТВА

РЕЗЮМЕ

Проанализировано влияние отделения материнского клубня картофеля от растения на урожайные свойства потомства. Установлено, что нарушение связи растения с материнским клубнем вызывает повышение продуктивности в следующем поколении. Степень проявления данного эффекта зависит от срока нарушения связи родительского растения с материнским клубнем и погодных условий вегетационного периода.

Ключевые слова: материнский клубень, использование питательных веществ, продуктивность.

ВВЕДЕНИЕ

Урожайные свойства семенного материала картофеля формируются условиями вегетации и хранения клубней. В первую очередь это касается температурного и водного режимов в период клубнеобразования, обеспеченности питательными веществами, температурного режима хранения [1]. Однако помимо метеорологических и технологических факторов существенную роль в этих процессах играют и биологические особенности самих семенных клубней. С этой точки зрения их следует рассматривать как сложный организм с присущим ему ходом метаболизма и специфическим механизмом влияния на формируемое растение [5].

Посадочный, или материнский, клубень выполняет ряд чрезвычайно важных функций, определяющих рост и развитие картофельного растения. В отличие от многих сельскохозяйственных культур, размножаемых ботаническими семенами, растение картофеля в начальный период своего развития располагает огромным запасом питательных веществ, отложенных в материнском клубне, и поэтому в значительной степени удовлетворяет свою потребность в питании за счет этого запаса. Кроме того, поскольку молодые всходы картофеля представляют собой единое целое с материнскими клубнями, картофель проявляет высокую выносливость к недостатку влаги в почве в начале роста и развития. На первых порах роста клубней и побегов органическое вещество посадочного клубня является не только строительным материалом для создания новых органов, но и источником энергии, необходимой для превращения веществ и процессов роста [2].

Также имеются данные [7], что клубень картофеля отличается значительной активностью многих фитогормонов и на протяжении вегетации обеспечивает растение не только пластическими, но и веществами гормонального типа. Следовательно, материнский клубень выполняет регуляторную функцию, соразмеряя вегетативный рост растения и процесс клубнеобразования, обеспечивая формирование

мощной ассимиляционной поверхности и тем самым высокий урожай клубней. Опыты, проведенные в БГСХА с использованием меченого углерода С-14 [3, 4], показали, что роль посадочного клубня проявляется не только в начальные фазы роста и развития картофеля, но и в период активного роста клубней. При этом, благодаря материнскому клубню, различные побеги куста функционируют как единый организм: продукты ассимиляции поступают не только в растущие и запасающие органы, но и в семенной клубень, который перераспределяет их в другие стебли. Таким образом, материнский клубень, как непосредственная составная часть растения, играет в нем объединительную роль, координируя ход обменных процессов.

Важность роли материнского клубня на первых этапах роста молодого растения не вызывает сомнений. Но как долго и в какой степени материнский клубень влияет на развитие растений картофеля? Выполняет ли он какие-либо функции с появлением у растений органов автотрофного питания, как ведут себя растения при нарушении связи с ним в различные периоды и сказывается ли это на урожайных свойствах дочерних клубней? Некоторые исследователи отмечают, что материнский клубень, давший начало материнскому растению, длительное время сохраняется как непосредственная составная этого растения и еще долгое время активно участвует в его жизни [6]. При этом авторы в основном оценивают значение материнского клубня односторонне, рассматривая какую-либо одну выполняемую им функцию. Информация о том, как сказывается нарушение связи растения картофеля с материнским клубнем на урожайных свойствах потомства, в литературе отсутствует.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Исследования проводились в УНЦ «Опытные поля БГСХА» в 2000–2003 гг. со среднеспелым сортом Скарб и в 2018–2019 гг. со среднеранним сортом Манифест. Почва опытного участка дерново-подзолистая легкосуглинистая. Пахотный горизонт содержит повышенные запасы подвижного фосфора (192–223 мг/кг почвы) и обменного калия (173–241 мг/кг почвы). Реакция почвенного раствора слабокислая (рН 5,8–5,9). Низким было содержание гумуса (1,2–1,4 %), поэтому недостаток азота компенсировался за счет удобрений. В качестве органического удобрения использовался сидерат – редька масличная, а норма минеральных удобрений составила $N_{120}P_{160}K_{160}$. Агротехника в опытах – рекомендуемая для северо-восточной зоны Беларуси.

Метеорологические условия в годы проведения исследований были разнообразными. Самым экстремальным для культуры оказался вегетационный период 2002 г., который отличался засушливостью на фоне повышенных температур. Самым благоприятным стал вегетационный период 2019 г.

В опыте использовали предварительно пророщенные клубни. При посадке на них оставляли несколько рядом расположенных ростков. На основание ростков набрасывалась петля из капроновой нити, концы которой выводились на поверхность почвы. На определенных этапах развития растений стягивали петлю и отделяли ростки (а позже развитые стебли) от материнского клубня.

Схема опыта:

1. Контроль (без отделения материнского клубня).
2. Отделение материнского клубня в фазе всходов.
3. Отделение материнского клубня в фазе начала бутонизации.
4. Отделение материнского клубня в фазе начала цветения.
5. Отделение материнского клубня в фазе конца цветения.

РАЗДЕЛ 4. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА, ПЕРЕРАБОТКИ И ХРАНЕНИЯ КАРТОФЕЛЯ

Дочерние клубни, полученные от растений в этом опыте, в следующем году высаживали по вариантно для оценки последствий удаления материнского клубня. Учет урожая производили поштучно с определением числа стеблей, числа и массы клубней куста. Содержание крахмала в дочерних клубнях определяли по удельному весу. Полученные данные подвергались математической обработке.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Данные по индивидуальной продуктивности растений различных вариантов приведены в таблице 1.

Во все годы продуктивность растений более или менее равномерно увеличивалась с увеличением периода, в течение которого растения развивались как единый организм с материнским клубнем. В 2000 г. растения контрольного варианта достоверно превосходили по продуктивности все другие варианты. Растения с отделением материнского клубня в начале бутонизации, начале и конце цветения, находясь между собой на одном уровне продуктивности (91, 89 и 92 % от контроля), в свою очередь, превосходили вариант с отделением материнского клубня в фазе всходов (67 % от контроля). Растения с отделением материнского клубня в фазе всходов развивались первое время в условиях недостатка почвенной влаги, тогда как при проведении отделений в последующие сроки выпало повышенное количество осадков. В начале вегетационного периода 2001 г. осадков выпадало больше, чем в 2000 г., поэтому растения после отделения материнского клубня в фазе всходов не были так сильно угнетены и накопили урожай на уровне 91 % от контроля. По остальным вариантам этот показатель составил 93–94 %. Разница в продуктивности растений опытных вариантов была незначительной, достоверное превосходство имел только контрольный вариант. В условиях жаркого и засушливого вегетационного периода 2002 г. результаты опыта особенно четко подчеркнули значение материнского клубня для развивающегося растения. Почти во всех случаях разница между соседними вариантами по продуктивности куста была математически доказуемой. Растения, связь которых с материнским клубнем была прервана в фазе всходов, снизили продуктивность до 68 % от контроля, растения последующих вариантов соответственно до 75, 79 и 93 %. Средние по сорту Скарб за 2000–2002 гг. данные более сглажено отражают обнаруженные зависимости. Чем раньше материнский клубень отделялся от укоренившихся растений, тем в большей степени это сказывалось на их продуктивности. В среднем за три года нарушение связи растений с материнским клубнем в фазе всходов снижало урожай на 23 %, в начале бутонизации – на 13, в начале цветения – на 12 и в конце цветения – на 7 %.

Таблица 1 – Продуктивность растений картофеля в зависимости от срока отделения материнского клубня, г/куст

Срок отделения материнского клубня	Сорт				
	Скарб				Манифест
	2000 г.	2001 г.	2002 г.	Среднее	2018 г.
Контроль	896,4	961,9	725,1	861,1	1013,2
Всходы	602,3	878,1	495,6	658,7	755,2
Начало бутонизации	812,1	898,8	544,4	751,8	814,6
Начало цветения	799,3	908,0	573,2	760,2	892,2
Конец цветения	827,0	897,9	673,4	799,4	924,5
НСР ₀₅	63,6	46,0	48,5	–	86,2

Результаты опыта с сортом Манифест повторили ту же закономерность. Независимо от срока отделения материнского клубня, растения существенно снижали свою продуктивность, и чем раньше проводилась эта операция, тем сильнее было снижение: в фазе всходов – на 26 %, в начале бутонизации – на 19, в начале цветения – на 12 и в конце цветения – на 9 %.

При изучении эффекта последствий отделения материнского клубня во все годы исследований уже на начальных этапах развития растений между вариантами проявлялись заметные различия. В целом растения, «родители» которых в то или иное время росли без материнского клубня, опережали контрольные в фенологическом развитии – особенно варианты последствий 2-го и 3-го отделения. Растения этих двух вариантов лучше выглядели по мощности и выравненности ботвы. Данные различия проявлялись в большей или меньшей степени в зависимости от года исследований.

Показатели продуктивности растений, характеризующие эффект последствий отделения материнского клубня, представлены в таблице 2.

По числу образуемых стеблей и клубней в расчете на одно растение в вариантах опыта не обнаружено четкой закономерности отличий. Количество стеблей практически всегда варьировало в пределах НСР. Количество клубней куста у сорта Скарб было существенно выше в 2001 г. в контрольном и 3-м варианте по сравнению с другими. В 2018 г. растения сорта Манифест показали более четкое увеличение числа стеблей в вариантах с отделением материнского клубня родительского растения в фазе начала бутонизации.

Однако основной показатель индивидуальной продуктивности растений – масса клубней куста. Здесь прослеживается интересная тенденция, выраженная в большей или меньшей степени в зависимости от погодных условий вегетационного периода. В 2001 г. растения вариантов с отделением материнского клубня от родительского растения в предыдущем году в начале бутонизации достоверно превзошли контрольный вариант по этому показателю (на 7 %). Растения остальных вариантов обеспечили урожай куста примерно одного уровня. В жарком и сухом 2002 г. эта закономерность хотя и проявилась, но слабо, и разница между вариантами была математически не доказуемой. В 2003 г. продуктивность растений всех вариантов с последствием отделения материнского клубня была выше по сравнению с контрольными, причем почти всегда существенно – на 8–27 %. В среднем по сорту Скарб наибольший урожай формировали растения, «родители» которых развивались в предыдущем году без материнского клубня, начиная с фазы начала бутонизации – начала цветения (на 9–10 % выше по сравнению с контрольными). Потомки растений, у которых клубень был отделен в фазе всходов, давали урожай на 7 % больше по сравнению с контролем, а в конце цветения – всего на 1 %.

В 2019 г. эта закономерность была подтверждена в опыте с сортом Манифест. В последствии самыми продуктивными оказались растения 3-го варианта (с отделением в предыдущем году материнского клубня в фазе начала бутонизации) – на 31 % выше контроля. На 24 % превзошли контроль растения 4-го варианта (отделение в фазе начала цветения), на 13 % – растения 2-го варианта (отделение в фазе всходов) и на 9 % – растения 5-го варианта (самое позднее отделение клубня – в конце цветения).

В большинстве случаев урожай растений с последствием отделения материнского клубня отличался более крупными клубнями, а также достоверно повышенным содержанием крахмала, особенно в 3-м и 4-м вариантах.

РАЗДЕЛ 4. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА, ПЕРЕРАБОТКИ И ХРАНЕНИЯ КАРТОФЕЛЯ

Таблица 2 – Продуктивность растений картофеля в зависимости от срока отделения материнского клубня в предыдущем году (последействие)

Срок отделения материнского клубня в предыдущем году	Число стеблей, шт/куст	Число клубней, шт/куст	Масса клубней		Средняя масса 1 клубня, г	Содержание крахмала, %
			г/куст	%		
2001 г., сорт Скарб						
Контроль	4,0	14,2	1 093,8	100	77,0	11,0
Всходы	3,6	12,8	1 061,1	97	82,9	10,9
Начало бутонизации	3,4	14,4	1 168,2	107	81,1	12,4
Начало цветения	3,3	13,0	1 111,0	102	85,5	13,1
Конец цветения	3,3	12,0	1 056,8	97	88,1	11,2
НСП ₀₅	0,3	0,9	70,9	–	–	0,2
2002 г., сорт Скарб						
Контроль	3,2	8,9	587,6	100	66,0	15,9
Всходы	2,9	9,1	595,5	101	65,4	15,6
Начало бутонизации	2,9	9,1	600,3	102	66,0	16,2
Начало цветения	3,0	9,0	592,3	101	65,8	16,2
Конец цветения	2,9	8,7	568,1	97	65,3	15,8
НСП ₀₅	0,6	1,8	77,7	–	–	0,6
2003 г., сорт Скарб						
Контроль	3,9	12,7	920,6	100	72,5	12,4
Всходы	3,9	12,4	1 138,3	124	91,8	13,2
Начало бутонизации	4,2	13,4	1 092,3	119	81,5	14,2
Начало цветения	4,4	13,5	1 172,0	127	86,8	14,0
Конец цветения	3,9	13,6	992,2	108	73,0	12,8
НСП ₀₅	0,7	1,8	84,0	–	–	0,7
Среднее, сорт Скарб						
Контроль	3,7	11,9	867,3	100	72,9	13,1
Всходы	3,5	11,4	931,6	107	81,7	13,2
Начало бутонизации	3,5	12,3	953,6	109	77,5	14,3
Начало цветения	3,6	11,8	958,4	110	81,2	14,4
Конец цветения	3,4	11,4	872,4	101	76,5	13,3
2019 г., сорт Манифест						
Контроль	4,9	10,8	1 178,3	100	109,5	15,1
Всходы	4,4	11,9	1 331,0	113	112,1	15,6
Начало бутонизации	5,0	12,9	1 537,6	131	119,4	16,3
Начало цветения	4,7	11,6	1 463,2	124	126,3	16,4
Конец цветения	4,5	10,7	1 286,1	109	120,2	15,5
НСП ₀₅	0,8	2,0	112,4	–	–	0,9

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании проведенных исследований установлено, что зависимость растения картофеля от материнского клубня сохраняется по меньшей мере до конца фазы цветения включительно. Нарушение этой связи негативно сказывается на развитии растения, существенно снижая показатели его продуктивности. Однако клубни полученного урожая зачастую обладают повышенной продуктивностью в следующем поколении. Степень проявления данного эффекта зависит от срока нарушения связи родительского растения с материнским клубнем и погодных условий вегетационного периода.

Список литературы

1. Банадысев, С. А. Семеноводство картофеля: организация, методы, технологии / С. А. Банадысев. – Минск : [б. и.], 2003. – 325 с.
2. Вечер, А. С. Физиология и биохимия картофеля / А. С. Вечер, М. Н. Гончарик. – Минск : Наука и техника, 1973. – 264 с.
3. Мельничук, Д. И. Научные основы повышения продуктивности картофеля / Д. И. Мельничук // Материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 75-летию Ин-та картофелеводства НАН Беларуси, Самохваловичи, 7–10 июля 2003 г. / Ин-т картофелеводства НАН Беларуси. – Минск, 2003. – Ч. 1. – С. 117–125.
4. Метаболизм меченого углерода С-14 при введении в разные ярусы листьев картофеля / Д. И. Мельничук [и др.] // Биология и совершенствование агротехники сельскохозяйственных культур : сб. науч. тр. / БСХА. – Горки, 1980. – Вып. 68. – С. 90–94.
5. Рылко, В. А. Влияние материнского клубня на формирование растения и урожая картофеля : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : 06.01.09 / В. А. Рылко; БГСХА. – Горки, 2004. – 20 с.
6. Физиология картофеля / П. И. Альсмик [и др.] ; под ред. Б. А. Рубина. – М. : Колос, 1979. – 272 с.
7. Цовян, Ж. В. Ауксиновая активность тканей клубня картофеля и ее перераспределение в связи с прорастанием / Ж. В. Цовян, Г. С. Мартиросян // Вопросы биологии. – Ереван, 1981. – С. 115–121.

Поступила в редакцию 21.09.2021 г.

V. A. RYLKO

THE EFFECT OF SEPARATION OF THE MOTHER POTATO TUBER FROM THE PLANT ON THE YIELD PROPERTIES OF THE OFFSPRING

SUMMARY

The effect of separation of the mother potato tuber from the plant on the productive properties of the offspring is analyzed. It has been established that the disruption of the connection between the plant and the mother tuber causes an increase in productivity of the next generation. The intensity of this effect depends on the period of the connection disruption between the parent plant with the mother tuber and the weather conditions during the growing season.

Key words: mother tuber, nutrient utilization, productivity.

В. А. Сердюков, В. Л. Маханько, Д. Д. Фицуру

РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук

Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству»,

аг. Самохваловичи, Минский район

E-mail: vitaliy.sva.1992@mail.ru

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ВЛИЯНИЯ АГРОТЕХНИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ВЫРАЩИВАНИЯ (ШИРИНЫ МЕЖДУРЯДИЙ 75 И 90 СМ) И ХРАНЕНИЯ НА ЛЕЖКОСТЬ КЛУБНЕЙ ПРОДОВОЛЬСТВЕННОГО КАРТОФЕЛЯ

РЕЗЮМЕ

В статье представлены результаты оценки сохранности клубней продовольственного картофеля, выращенных при ширине междурядий 75 см и 90 см и хранящихся в условиях активного вентилирования при использовании центробежных и осевых вентиляторов. Установлено, что увеличение ширины междурядий с 75 до 90 см обеспечило снижение естественной убыли на 0,18 %, потерь за счет ростков – 0,05 % и общих потерь – на 0,22 %. Применение систем активного вентилирования пятого технологического уклада приводит к снижению естественной убыли на 0,89 %, потерь за счет ростков – на 0,38, абсолютной гнили – на 0,21, общих потерь – на 1,48 %. Сохранность продовольственного картофеля зависит непосредственно от сортовых особенностей, с долей влияния 70,04 %.

Ключевые слова: картофель, сорт, клубень, ширина междурядий, хранение, условия хранения.

ВВЕДЕНИЕ

Сезон потребления картофеля в свежем виде непосредственно с поля довольно непродолжительный, поэтому клубни необходимо хранить от 2–3 до 8–11 месяцев. Примерно столько же времени приходится хранить картофель, предназначенный для промышленной переработки, поэтому большое значение имеет правильно организованное хранение клубней, позволяющее обеспечить их высокую сохранность [1].

Во время хранения в клубнях картофеля продолжаются сложные физиолого-биохимические процессы: дыхание, раневые реакции, период покоя, прорастание. Они, в свою очередь, определяют сохранность конкретной партии, обусловленную целым рядом причин: механическими повреждениями клубней, неблагоприятными погодными условиями в период вегетации и уборки и другое, что определяет пригодность партий картофеля к длительному хранению. Потери урожая при этом могут достигать до 50 % и более [1–7].

Одним из важных показателей характеристики сортов картофеля является их лежкоспособность, то есть способность клубней сохранять длительное время товарные, пищевые и семенные качества без значительной потери, которая обусловлена метеорологическими условиями, агротехникой выращивания и условиями хранения. Как биологическое свойство, эта способность закреплена генетически и является одним из сортовых признаков, который изменяется под действием внешних факторов.

Этот показатель включает в себя естественную убыль при хранении, потери за счет ростков, гнилей (абсолютный отход), а также технического брака, которые составляют общие потери за период длительного хранения клубней. На сохранность влияют такие биологические особенности, как устойчивость к механическим повреждениям, физиологический период покоя, а также степень поражения мокрыми гнилями [8–10].

Поэтому в идеале клубни, поступающие на длительное хранение, должны быть абсолютно здоровыми, без механических повреждений кожуры и мякоти, без подмораживания и других дефектов. Их исходное качество формируется в процессе выращивания (защита от фитофтороза, бактериальных гнилей, удушья), при уборке (способ уборки – комбайном или с применением копателя, температура воздуха, влажность и тип почвы), при послеуборочной доработке и загрузке в хранилище [1, 11, 12].

Основная проблема в период хранения – нарушение температурного режима в насыпи, что приводит к изменениям различного рода физиолого-биохимических процессов в клубне картофеля [11]. Естественно, при повышенных температурах клубни сортов картофеля, у которых физиологический период покоя непродолжительный, рано начинают прорастать, что увеличивает потери и снижает качество картофеля [1].

Сохранение высокого качества семенных клубней и обеспечение минимально допустимых неизбежных потерь возможно лишь при эффективном регулировании температурно-влажностных режимов, соответствующих каждому периоду хранения. Алгоритм управления микроклиматом достаточно сложный, зависит от особенностей партий картофеля, предназначенных для длительного хранения, и его полное и качественное выполнение возможно лишь при использовании автоматизированной системы управления [1]. В связи с этим основная задача при хранении заключается в создании оптимальных условий, обеспечивающих лучшую сохранность клубней картофеля в течение длительного периода хранения по всем уровням насыпи [4, 12].

В литературе редко встречаются данные по влиянию ширины междурядий на сохранность клубней картофеля и тем более с использованием систем вентиляции пятого технологического уклада. Таким образом, целью исследований являлось определение влияния ширины междурядий и условий хранения на сохранность клубней продовольственного картофеля в условиях активного вентилирования.

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 использовали сорта картофеля белорусской селекции различных групп спелости: среднеранней – Бриз, среднеспелой – Скарб, среднепоздней – Рагнеда и Вектар.

Предмет исследования – лежкоспособность (сохранность) клубней продовольственного картофеля.

Для определения влияния агротехнических условий выращивания и условий хранения на сохранность клубней продовольственного картофеля был проведен четырехфакторный технологический опыт:

фактор А – сорт (Бриз, Скарб, Рагнеда, Вектар);

фактор В – условия хранения: ТХ-1 – применение систем вентилирования пятого технологического уклада (оборудованы центробежными вентиляторами), ТХ-2 – применение систем вентилирования третьего-четвертого технологических укладов (оборудованы осевыми вентиляторами);

фактор С – ширина междурядий при возделывании 75 и 90 см (технология возделывания: ТВ-75 и ТВ-90 см);

фактор D – год (условия года).

Закладка на хранение опытных образцов – 1-я декада ноября, снятие с хранения – 3-я декада марта – 1-я декада апреля. Способ хранения – насыпью (навалом).

Сорта картофеля выращивали на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве технологического севооборота НПЦ в условиях центрального региона страны. В качестве предшествующей культуры в технологическом севообороте использовался озимый рапс на зерно (семена) с последующей запашкой пожнивных остатков в почву.

Дозы минеральных удобрений составляли: 90 кг/га д. в. азота (сульфат аммония), 60 кг/га д. в. фосфора (суперфосфат двойной) и 150 кг/га д. в. калия (хлористый калий).

Погодные условия вегетационных периодов исследований отличались нестабильностью и контрастностью по годам. Вегетационный период 2017 г. был более сухим, нежели условия 2018 г., которые характеризовались регулярными проливными дождями в период роста и развития растений. Однако следует отметить, что важными являются условия в период уборки и закладки материала на хранение. Так, уборочный период 2017 г. был дождливым, что непосредственно сказалось на количестве клубней, пораженных мокрой гнилью, тогда как в период уборки 2018 г. стояла теплая и сухая погода. В начале вегетационного периода и периода клубнеобразования 2019 г. отмечались засушливые условия. В уборочный период стояла теплая и сухая погода.

Исследования проводили в картофелехранилищах, оснащенных системами активного вентилирования с использованием вентиляционного оборудования пятого (ТХ-1) и третьего-четвертого (ТХ-2) технологических укладов с относительной влажностью воздуха 85–95 %.

Различия систем активного вентилирования заключаются в том, что система активного вентилирования с использованием оборудования третьего-четвертого (ТХ-2) технологических укладов основана на использовании осевого вентилятора. Производительность таких вентиляторов по воздуху составляет 25 000–43 000 м³/час при давлении 150 Па. Система активного вентилирования с использованием оборудования пятого (ТХ-1) технологического уклада оснащена центробежным вентилятором, давление которого в два-три раза выше, чем у осевого вентилятора.

В период хранения температура продукта составляла 3–5 °С, температура подаваемого воздуха была на 2–3 °С ниже температуры в насыпи с продолжительностью вентилирования 15–20 мин/сутки при использовании центробежных (ТХ-1) и до 90 мин/сутки при использовании осевых вентиляторов. Продолжительность вентилирования и удельная подача воздуха непосредственно зависела от состояния продукта и температуры наружного воздуха. Удельная подача воздуха в основной период хранения составляла 82,5 м³/ч/т картофеля при использовании систем вентиляции пятого технологического уклада, а при традиционной технологии хранения (ТХ-2) данный показатель был равен 120,0 м³/ч/т клубней.

В основу оценки *лежкоспособности (сохранности)* положена закладка клубней по массе на хранение и учет отходов после него. Учетные образцы картофеля взвешивали и закладывали в синтетические сетки по 5–7 кг, повторность закладки каждого варианта 4-кратная. Опытные образцы клубней картофеля хранились в насыпи. Качество и количество сохранившегося картофеля устанавливали на основании анализа учетных образцов, заложенных с осени. Количественные потери определяли после пяти месяцев хранения по показателям выхода полноценных клубней и потерь после.

Наблюдения, учет и анализ опытного материала выполняли согласно методическим рекомендациям по специализированной оценке сортов картофеля и методике исследований по культуре картофеля [14, 15]. Экспериментальные данные обработаны программой Statistica 10.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Сохранность клубней картофеля за период длительного хранения зависит не только от сортовых особенностей, условий выращивания, уборки и закладки клубней на хранение, но и от качества закладываемого материала [1–7].

По мнению В. Г. Иванюка, партии клубней картофеля с поражением гнилями до 5 % клубней считаются пригодными для длительного хранения без дополнительной переборки [13]. Картофель, имеющий скрытое поражение в пределах 5–10 %, подлежит обязательной переборке перед закладкой на хранение. Полная сохранность партий с наличием более 10 % зараженных гнилями клубней не гарантируется. В этом случае проводится дополнительная переборка с последующей реализацией картофеля на продовольственные или технические цели.

В результате клубневого анализа, проведенного после уборки до закладки клубней на хранение, установлено, что пригодность партий к длительному хранению зависела от метеорологических условий года в период вегетации, уборки и закладки клубней на хранение. Изменение ширины междурядий с 75 до 90 см приводит к снижению общего количества поврежденных клубней при механизированной уборке от 1,00 % у сорта Скарб (min) до 2,90 % у сорта Рагнеда (max). Клубни сортов Бриз и Скарб характеризуются как устойчивые к механическим повреждениям, а сорта Рагнеда и Вектар – относительно устойчивые независимо от технологий возделывания (ширины междурядий). Степень поражения продовольственных клубней гнилями варьировала от 2,22 (сорт Рагнеда) до 3,13 % (сорт Вектар), выращенных при ширине междурядий 75 см, и от 1,90 (сорт Бриз) до 2,78 % (сорт Рагнеда) при ширине междурядий 90 см. В среднем по годам увеличение ширины междурядий вело к снижению больных клубней от 0,22 % у сорта Скарб до 0,79 % у сорта Бриз [16], что непосредственно повлияло на показатели лежкоспособности клубней картофеля.

Результаты трехлетнего исследования влияния ширины междурядий и условий хранения (применение систем активного вентилирования) на сохранность продовольственного картофеля представлены в таблице.

Согласно справочным данным, норма естественной убыли за период хранения ноябрь – март составляет 2,7 % при использовании систем активного вентилирования [1].

Следует отметить, что за годы исследований естественная убыль сортов картофеля (независимо от ширины междурядий при возделывании и условий хранения) превышает нормативный показатель. Исключение составили клубни сорта Скарб (2,15 %), которые хранились с использованием оборудования пятого технологического уклада. Данный показатель непосредственно зависит от качества закладываемого материала на хранение, соблюдения условий хранения и продолжительности физиологического периода покоя, а клубни сорта Скарб характеризуются продолжительным периодом покоя [17]. У клубней сорта Бриз превышение нормативного показателя естественной убыли было незначительным (на 0,04 %) и составило 2,74 %, результаты находятся в пределах ошибки опыта для клубней, которые хранились с использованием центробежных систем вентилирования. Клубни сортов Рагнеда и Вектар имеют более высокую естественную убыль за период хранения – 5,02 и 3,64 % соответственно. Применение

РАЗДЕЛ 4. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА, ПЕРЕРАБОТКИ И ХРАНЕНИЯ КАРТОФЕЛЯ

Таблица – Влияние сорта, систем активного вентилирования и ширины междурядий на сохранность клубней продовольственного картофеля (2017–2020 гг.), %

Сорт (А)	ТХ (В)	ТВ (С)	Показатели, %					
			Убыль массы	Масса ростков	Абсолютная гниль	Технические отходы	Общие потери	Сохранность картофеля
Бриз	1	75	2,67	0,00	0,11	0,00	2,77	97,23
		90	2,81	0,00	0,24	0,00	3,05	96,95
	Среднее по ТХ		2,74	0,00	0,18	0,00	2,91	97,09
	2	75	3,95	0,29	0,24	0,00	4,48	95,52
		90	3,73	0,24	0,49	0,00	4,46	95,54
	Среднее по ТХ		3,84	0,27	0,37	0,00	4,47	95,53
Среднее по сорту			3,29	0,13	0,27	0,00	3,69	96,31
Скарб	1	75	2,20	0,00	0,00	0,00	2,20	97,80
		90	2,09	0,00	0,00	0,00	2,09	97,91
	Среднее по ТХ		2,15	0,00	0,00	0,00	2,15	97,86
	2	75	3,19	0,05	0,25	0,00	3,49	96,51
		90	3,12	0,03	0,14	0,00	3,30	96,70
	Среднее по ТХ		3,16	0,04	0,20	0,00	3,40	96,61
Среднее по сорту			2,65	0,02	0,10	0,00	2,77	97,23
Рагнеда	1	75	4,64	0,00	0,00	0,00	4,64	95,36
		90	4,44	0,03	0,00	0,00	4,47	95,53
	Среднее по ТХ		4,54	0,02	0,00	0,00	4,56	95,45
	2	75	5,87	0,75	0,39	0,00	7,02	92,98
		90	5,11	0,56	0,37	0,00	6,04	93,96
	Среднее по ТХ		5,49	0,66	0,38	0,00	6,53	93,47
Среднее по сорту			5,02	0,34	0,19	0,00	5,54	94,46
Вектар	1	75	3,45	0,00	0,22	0,00	3,67	96,33
		90	3,32	0,00	0,00	0,00	3,32	96,68
	Среднее по ТХ		3,39	0,00	0,11	0,00	3,50	96,51
	2	75	3,92	0,64	0,18	0,00	4,74	95,26
		90	3,85	0,49	0,21	0,00	4,55	95,45
	Среднее по ТХ		3,89	0,57	0,20	0,00	4,65	95,36
Среднее по сорту			3,64	0,28	0,15	0,00	4,07	95,93
Среднее по ТВ-75			3,74	0,22	0,17	0,00	4,13	95,87
Среднее по ТВ-90			3,56	0,17	0,18	0,00	3,91	96,09
Среднее по ТХ-1			3,20	0,00	0,07	0,00	3,28	96,72
Среднее по ТХ-2			4,09	0,38	0,28	0,00	4,76	95,24
НСР _{0,05} – фактор А			0,44	0,17	0,26	0,00	0,56	–
НСР _{0,05} – фактор В			0,40	0,12	0,19	0,00	0,47	
НСР _{0,05} – фактор С			0,40	0,13	0,19	0,00	0,49	
НСР _{0,05} – фактор D			0,47	0,14	0,23	0,00	0,58	
НСР _{0,05} – А:В:С:D			1,14	0,23	0,94	0,00	1,43	

Примечание. ТХ – технология хранения; ТВ – технология возделывания.

системы вентилирования пятого технологического уклада позволяет снизить убыль до 4,54 % у сорта Рагнеда и 3,39 % у сорта Вектар. При изменении ширины междурядий с 75 до 90 см статистически достоверное снижение естественной убыли клубней картофеля прослеживается в варианте с использованием систем вентилирования третьего-четвертого технологических укладов у сорта Рагнеда на 0,76 % и составляет 5,11 % (см. табл.).

Потери за счет ростков зависят от продолжительности физиологического периода покоя клубней картофеля, условий хранения и ширины междурядий. Отсутствие

потерь за счет ростков отмечено в вариантах с применением центробежных вентиляторов у сортов Бриз, Скарб и Вектар. У сорта Рагнеда данный показатель составил 0,02 %, что статистически недостоверно. При использовании осевых вентиляторов потери за счет ростков варьировали от 0,04 % у сорта Скарб (min) до 0,66 % у сорта Рагнеда (max). При увеличении ширины междурядий с 75 до 90 см статистически достоверное снижение потерь за счет ростков прослеживается у сортов Рагнеда на 0,19 % и Вектар на 0,15 % и составляет 0,56 и 0,49 % соответственно.

Проявление и развитие гнилей в период хранения зависит от качества закладываемого материала и соблюдения условий хранения в течение длительного времени. Количество гнилей в условиях применения систем вентилирования пятого технологического уклада варьировало от 0,11 % у сорта Вектар до 0,18 % у сорта Бриз, у сортов Рагнеда и Скарб – отсутствовали. При использовании систем вентилирования третьего-четвертого технологических укладов потери за счет гнилей составили: у сорта Бриз – 0,37 %, Скарб – 0,20, Рагнеда – 0,38 и Вектар – 0,20 %.

От качества закладываемых клубней на хранение зависит и такой вид потерь, как технический брак. В нашем исследовании технический брак не был выявлен, чему способствовала закладка на хранение качественного материала. Клубни картофеля были без механических повреждений, примеси растительных остатков и почвы.

Снижение общих потерь за период длительного хранения отмечено при использовании систем вентиляции пятого технологического уклада. Общие потери по сортам независимо от ширины междурядий и условий хранения составили: Бриз – 3,69 %, Скарб – 2,77, Рагнеда – 5,54 и Вектар – 4,07 %. Использование оборудования пятого технологического уклада обеспечивает снижение общих потерь за период длительного хранения от 1,15 % (Вектар) до 1,97 % (Рагнеда), у сортов Бриз и Скарб данный показатель составил 1,56 и 1,25 % соответственно.

Наибольший выход сохранившегося картофеля отмечен у сортов Бриз – 97,23 % и Скарб – 97,91 %, выращенных при ТВ-75 и 90 см соответственно, наименьший – у среднепозднего сорта Рагнеда – 92,98 %, клубни которого были выращены при ширине междурядий 75 см и хранились с использованием систем вентиляции третьего-четвертого технологических укладов.

По результатам исследований установлено, что увеличение ширины междурядий с 75 до 90 см независимо от сорта и условий хранения в среднем обеспечило снижение естественной убыли на 0,18 %, потерь за счет ростков – 0,05 и общих потерь – на 0,22 %.

Использование систем активного вентилирования пятого технологического уклада в среднем по опыту обеспечивает более высокий выход сохранившегося картофеля, следовательно, повышается его качество, что является основным критерием сохранности картофеля. Применение данного оборудования приводит к снижению естественной убыли на 0,89 % независимо от сорта и ширины междурядий, потерь за счет ростков – 0,38, абсолютных гнилей – 0,21, общих потерь – на 1,48 %.

На основании технологических исследований была проведена статистическая обработка данных, выполнен дисперсионный анализ. На рисунке показана доля влияния изучаемых факторов на сохранность клубней продовольственного картофеля. Исследования показали, что основным фактором, влияющим на сохранность клубней продовольственного картофеля, является сорт с долей влияния 70,04 %, доля влияния условий хранения составила 12,51, условий выращивания – 15,76, ширины междурядий – 1,19 %.

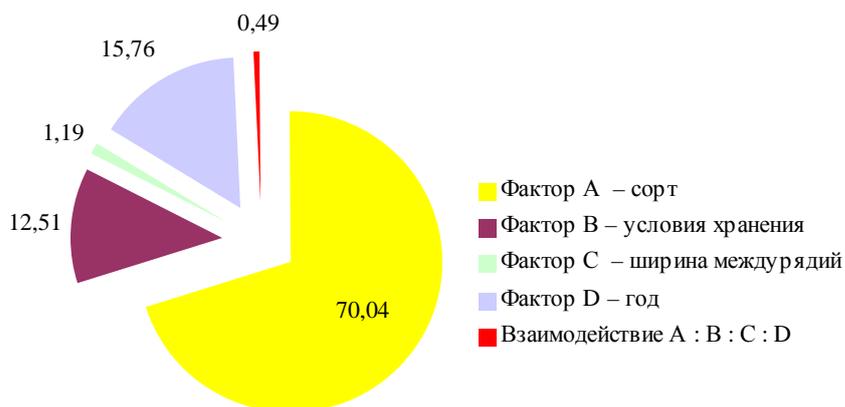


Рисунок – Доля влияния факторов на сохранность клубней продовольственного картофеля (2017–2020 гг.), %

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований по определению влияния условий хранения и ширины междурядий на сохранность клубней продовольственного назначения установлено, что увеличение ширины междурядий с 75 до 90 см независимо от сорта и условий хранения обеспечивает снижение естественной убыли на 0,18 %, потерь за счет ростков – 0,05 и общих потерь – на 0,22 %.

Применение систем активного вентилирования пятого технологического уклада снижает естественную убыль на 0,89 % независимо от сорта и ширины междурядий, потерь за счет ростков – 0,38, абсолютной гнили – на 0,21.

Сохранность продовольственного картофеля за период длительного хранения зависит непосредственно от сортовых особенностей (с долей влияния 70,04 %), доля влияния условий выращивания (почвенно-климатических) в период вегетации, уборки и закладки клубней на хранение составила 15,76 % и условий хранения – 12,51 %.

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. – М. : Картофелевод, 2007. – 191 с.
2. Антонов, М. В. Перевозка и хранение картофеля / М. В. Антонов. – М. : Экономика, 1965. – 207 с.
3. Гусев, С. А. Хранение картофеля / С. А. Гусев, Л. В. Метлицкий. – М. : Колос, 1982. – 221 с.
4. Картофель / под ред. Н. А. Дорожкина. – Минск : Ураджай, 1972. – 448 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. Фицуру, Д. Д. Оценка лежкоспособности клубней сортов картофеля белорусской селекции / Д. Д. Фицуру, С. А. Турко, Л. И. Пищенко // Картофелеводство : сб. науч. тр. / Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по картофелеводству и плодово-овощеводству ; редкол.: С. А. Турко (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2012. – Т. 20. – С. 169–178.
7. Банадысев, С. А. Хранение семенного картофеля / С. А. Банадысев. – М. : Книг-Издат, 2020. – 292 с.

8. Будкевич, А. А. Период покоя клубней сортов картофеля белорусской селекции / А. А. Будкевич // Пути интенсификации картофелеводства в БССР : сб. науч. тр. – Минск, 1983. – С. 181–184.
9. Забара, М. Г. Влияние различных приемов агротехники и биологических особенностей сорта на лежкость клубней картофеля / М. Г. Забара, В. А. Борисенок // Картофелеводство : науч. тр. / БЕЛНИИК. – Минск, 1994. – Вып. 8. – С. 192–199.
10. Физиология картофеля / П. И. Альсмик [и др.] ; ред. Б. А. Рубин. – М. : Колос, 1979. – 272 с.
11. Зиновьев, Ю. И. Хранение картофеля в помещениях с принудительной вентиляцией (обзор зарубеж. и отечеств. лит.) / Ю. И. Зиновьев. – М., 1967. – 112 с.
12. Пугачев, А. Н. Технология возделывания и поточной уборки картофеля / А. Н. Пугачев, К. А. Пшеченков. – М., 1965. – 110 с.
13. Иванюк, В. Г. Защита картофеля от болезней, вредителей и сорняков / В. Г. Иванюк, С. А. Банадысев, Г. К. Журомский. – Минск : Белпринт, 2005. – 696 с.
14. Методические рекомендации по специализированной оценке сортов картофеля / С. А. Банадысев [и др.] ; М-во сельского хоз-ва и прод. Респ. Беларусь. – Минск, 2003. – 71 с.
15. Методика исследований по культуре картофеля / НИИ картофельного хозяйства ; редкол.: Н. С. Бацанов [и др.]. – М., 1967. – 265 с.
16. 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 (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2020. – Т. 28. – С. 124–134.
17. Влияние агротехнических условий выращивания (ширины междурядий 75 и 90 см) на продолжительность физиологического периода покоя клубней картофеля различных групп спелости / В. А. Сердюков [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. 114–123.

Поступила в редакцию 20.10.2021 г.

V. A. SERDYUKOV, V. L. MAKHANKO, D. D. FITSURO

RESEARCH INFLUENCE RESULTS OF AGROTECHNICAL GROWING CONDITIONS (PLANTING WIDTH OF 75 AND 90 CM) AND STORAGE CONDITIONS ON WARE POTATO TUBERS STORABILITY

SUMMARY

The article presents the results of assessing the storability of ware potato tubers planted with a planting width of 75 and 90 cm and stored under the conditions of forced blowing using radial and axial fans. It was found that increasing the planting width from 75 to 90 cm can decrease natural loss by 0.18 %, losses due to sprouts – 0.05 % and total losses by 0.22 %. The use of forced blowing systems of the fifth technological order reduces natural loss by 0.89 %, losses due to sprouts – 0.38, absolute rot is reduced by 0.21, total losses by 1.48 %. The storability of ware potatoes directly depends on varietal features, with an influence rate of 70.04 %.

Key words: potatoes, variety, tuber, planting width, storage, storage conditions.

УДК 635.21.073:581.192

<https://doi.org/10.47612/0134-9740-2021-29-119-127>

**В. А. Сердюков, В. Л. Маханько, Д. Д. Фицуро, Л. Н. Козлова,
Д. С. Гасило**

РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук

Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству»,

аг. Самохваловичи, Минский район

E-mail: vitaliy.sva.1992@mail.ru

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА НАКОПЛЕНИЕ БИОХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ В КЛУБНЯХ ПРОДОВОЛЬСТВЕННОГО КАРТОФЕЛЯ

РЕЗЮМЕ

В статье приведены результаты исследований влияния сорта, ширины междурядий (75 и 90 см), условий года и их взаимодействие на формирование биохимических показателей в клубнях продовольственного картофеля. Установлено, что определяющее влияние на содержание редуцирующих сахаров, суммарного белка и нитратов в клубнях оказывает фактор сорт. Содержание крахмала, сухого вещества и витамина С зависит от условий года.

Ключевые слова: картофель, сорт, биохимические показатели, ширина междурядий, условия выращивания.

ВВЕДЕНИЕ

Картофель – одна из важнейших продовольственных культур. Его клубни содержат очень ценные для человека питательные вещества: крахмал, сахара, витамины, белок, минеральные элементы и др. [1]. Биохимические показатели продовольственного картофеля зависят от многих факторов: почвенно-климатических условий, сортовых особенностей, агротехники выращивания, типа почвы, доз применяемых удобрений, качества картофеля. Перечисленные факторы взаимосвязаны, оказывая неравнозначное влияние на накопление биохимических веществ в клубнях картофеля [2].

Качество продовольственного картофеля во многом зависит от содержания сухих веществ [3]. В. Бертон, С. М. Прокошев и многие другие авторы отмечают, что на их содержание в клубнях картофеля оказывают влияние сорт и условия выращивания [4, 5]. При этом отмечено, что поздние сорта накапливают сухих веществ больше, чем ранние. Строгой зависимости по всем сортам между скороспелостью и накоплением сухих веществ не наблюдается. В ряде случаев более ранние сорта накапливают их столько же или даже несколько больше, чем поздние [6]. На содержание сухих веществ влияют метеорологические условия вегетационного периода. Установлено, что сухая и жаркая погода, по сравнению с умеренной, обуславливает их повышение, а влажная и прохладная – понижение [4, 5].

Крахмал составляет основную часть сухого вещества (70–80 %), по этому показателю на первом месте стоят те же сорта, что и по сухому веществу. Характер накопления крахмала в клубнях и уровень его выхода с единицы площади зависит от длины вегетационного периода и сортовых особенностей [6–8]. Увеличение ширины междурядий до 90 см обуславливало повышение вышеназванного вещества в клубнях на 0,4–1,2 % [9], а по результатам опытов [10, 11] установлено, что ширина междурядий на данный показатель не повлияла.

Редуцирующие сахара в клубнях картофеля в основном представлены глюкозой и фруктозой, в незначительном количестве содержится мальтоза. Накопление их в клубнях сильно колеблется в зависимости от сорта, агротехники и условий выращивания [7].

Белок картофеля относится к группе глобулинов, растворимых в разбавленных растворах нейтральных солей. Обычно считается, что накопление его в картофеле не превышает в среднем около 2 %, но имеются сорта с более низким и высоким уровнем данного признака [6]. Содержание белка в клубнях сильно зависит от сорта [4, 5].

В клубнях картофеля накапливаются следующие витамины: аскорбиновая кислота (витамин С), аневрин (витамин В₁), рибофлавин (витамин В₂), никотиновая кислота (витамин РР), пиридоксин (витамин В₆), пантотеновая кислота (витамин В₃) и в небольшом количестве – каротин (провитамин А) [6, 7]. Как отмечал С. М. Прокошев [4], никакие продукты растительного или животного происхождения не могут сравниться с картофелем по обеспеченности витамином С. По данным литературных источников [6], содержание этого вещества в клубнях картофеля колеблется в пределах от 4 до 40 мг на 100 г, в отдельных случаях достигает 50 мг.

Содержание нитратов в клубнях непосредственно влияет на качество продовольственного картофеля и зависит от сортовых особенностей и почвенно-климатических условий в период вегетации [12]. Скороспелость сорта определяет уровень накопления нитратов. Большее содержание их в раннем картофеле связано с его сортовой особенностью, так как их количество снижается в процессе вегетации за счет связывания с вновь образующимися углеводами [13].

Таким образом, целью наших исследований являлось определение влияния факторов (сорт, ширина междурядий (75 и 90 см), условия года и их взаимодействие) на формирование биохимических показателей в клубнях продовольственного картофеля перед закладкой их на длительное хранение.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Исследования проводились в лаборатории технологий производства и хранения картофеля (полевые опыты, отбор образцов, анализ и статистическая обработка данных) и лаборатории биохимической оценки картофеля (выполнение лабораторных анализов) РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству» в 2017–2019 гг.

В качестве объектов исследований использовались сорта картофеля белорусской селекции различных групп спелости: среднеранней – Бриз, среднеспелой – Скарб, среднепоздней – Рагнеда и Вектар.

Предметом исследования были биохимические показатели клубней продовольственного картофеля (крахмал, сухое вещество, редуцирующие сахара, витамин С, суммарный белок и нитраты).

Проведен трехфакторный опыт:

фактор А – сорт (Бриз, Скарб, Рагнеда и Вектар);

фактор В – ширина междурядий при возделывании 75 и 90 см (технология возделывания, ТВ-75 и 90 см);

фактор С – год (условия года).

Технология возделывания была общепринятой при выращивании картофеля с шириной междурядий 75 и 90 см на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве центральной агроклиматической зоны республики [14].

В качестве предшествующей культуры в технологическом севообороте использовали озимый рапс на зерно с последующей запашкой пожнивных остатков в почву.

РАЗДЕЛ 4. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА, ПЕРЕРАБОТКИ И ХРАНЕНИЯ КАРТОФЕЛЯ

Посадку выполняли, когда температура почвы на глубине заделки клубней достигала 6–8 °С. По календарным срокам это 3-я декада апреля – 1-я декада мая в зависимости от года исследований.

Минеральные удобрения вносились из расчета 90 кг/га д. в. азота (сульфат аммония), 60 кг/га д. в. фосфора (суперфосфат двойной) и 150 кг/га д. в. калия (хлористый калий).

Защитные мероприятия против болезней, вредителей и сорняков проводили в соответствии с регламентом возделывания картофеля в Беларуси [14, 15]. Убирали картофель механизированно с отбором опытного материала и дальнейшим проведением учетов согласно схеме исследований.

Клубни для проведения опытов были выращены на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве технологического севооборота Центра, в условиях центрального региона страны. Пахотный горизонт поля характеризуется агрохимическими показателями, которые представлены в таблице 1.

Почва технологического севооборота, где проводились исследования, обладала хорошим почвенным плодородием. Содержание подвижного фосфора и обменного калия в 2019 г. было ниже по сравнению с другими годами и составляло 220,30 и 276,30 мг/кг соответственно, меди в 2017 г. – 2,80 мг/кг и 2018 г. – 2,20, а также цинка 2,68 и 1,59 мг/кг соответственно. В 2018 г. марганца в почве было 8,60 мг/кг, что ниже, чем в другие годы исследований. Высокая почвенная кислотность наблюдалась по всем годам исследований.

Картофель требователен к хорошо проницаемой для воды, воздуха и тепла почве, поскольку корневая система и клубни во время роста могут испытывать механическое сопротивление, возрастающее с увеличением плотности почвы [16–19]. В наших исследованиях картофель выращивался при оптимальной плотности почвы, которая варьировала от 1,07 до 1,20 г/см³, при среднем показателе за годы исследований 1,13 г/см³.

Метеорологические условия в годы проведения исследований были нестабильными и контрастными как по годам, так и в период вегетации, что позволило достоверно оценить влияние условий выращивания на биохимические показатели клубней столового картофеля (табл. 2).

Температура воздуха в апреле 2017 г. составляла +6,2 °С, что немного ниже климатической нормы. Осадки выпадали преимущественно в виде дождя. В целом за месяц выпало 44 мм осадков (около 1,3 месячной нормы). Май и июнь характеризовались неустойчивым температурным режимом. Средняя температура воздуха за июль

Таблица 1 – Агрохимические показатели дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы, 2017–2019 гг.

Показатели	2017 г.	2018 г.	2019 г.	Среднее значение
Гумус, %	2,11	1,98	2,22	2,10
pH _{KCl}	4,80	4,40	3,40	4,20
P ₂ O ₅ , мг/кг	338,60	419,20	220,30	326,03
K ₂ O, мг/кг	436,00	387,60	276,30	366,63
Cu, мг/кг	2,80	2,20	7,10	4,03
B, мг/кг	1,56	2,82	3,10	2,49
Zn, мг/кг	2,68	1,59	6,80	3,69
Mn, мг/кг	15,70	8,60	16,50	13,60
Mg, мг/кг	8,16	5,49	5,31	6,32
Плотность почвы, г/см ³	1,20	1,15	1,10	1,15

РАЗДЕЛ 4. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА, ПЕРЕРАБОТКИ И ХРАНЕНИЯ КАРТОФЕЛЯ

Таблица 2 – Метеорологические условия в период вегетации картофеля, 2017–2019 гг.

Показатели	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь
2017 г.						
<i>Температура, °С</i>						
За месяц	6,2	13,4	16,7	18,2	19,2	14,2
Отклонение от нормы	-2,1	-0,3	-0,7	-1,5	+0,6	+0,9
Средненоголетнее	8,3	13,7	17,4	19,7	18,6	13,3
Средненоголетнее за период вегетации	91,0					
Сумма за период вегетации	87,9					
Отклонение от нормы	-3,1					
<i>Осадки, мм</i>						
За месяц	44,0	55,0	89,0	96,0	65,0	59,0
Отклонение от нормы	-2,0	-5,0	+7,0	+9,0	-13,0	0,0
Средненоголетнее	46,0	60,0	82,0	87,0	78,0	59,0
Средненоголетнее за период вегетации	412,0					
Сумма за период вегетации	408,0					
Отклонение от нормы	-4,0					
2018 г.						
<i>Температура, °С</i>						
За месяц	10,4	17,1	20,8	19,7	19,8	15,5
Отклонение от нормы	+2,1	+3,4	+3,4	0,0	+1,2	+2,2
Средненоголетнее	8,3	13,7	17,4	19,7	18,6	13,3
Средненоголетнее за период вегетации	91,0					
Сумма за период вегетации	103,3					
Отклонение от нормы	+12,3					
<i>Осадки, мм</i>						
За месяц	45,0	27,0	49,0	153,0	49,0	45,0
Отклонение от нормы	-1,0	-33,0	-33,0	+66,0	-29,0	-14,0
Средненоголетнее	46,0	60,0	82,0	87,0	78,0	59,0
Средненоголетнее за период вегетации	412,0					
Сумма за период вегетации	368,0					
Отклонение от нормы	-44,0					
2019 г.						
<i>Температура, °С</i>						
За месяц	8,5	13,8	20,7	16,6	17,7	12,9
Отклонение от нормы	+0,2	+0,1	+3,3	-3,1	-0,9	-0,4
Средненоголетнее	8,3	13,7	17,4	19,7	18,6	13,3
Средненоголетнее за период вегетации	91,0					
Сумма за период вегетации	90,2					
Отклонение от нормы	-0,8					
<i>Осадки, мм</i>						
За месяц	4,0	65,0	56,4	76,0	101,4	43,0
Отклонение от нормы	-42,0	+5,0	-25,6	-11,0	+23,4	-16,0
Средненоголетнее	46,0	60,0	82,0	87,0	78,0	59,0
Средненоголетнее за период вегетации	412,0					
Сумма за период вегетации	345,8					
Отклонение от нормы	-66,2					

РАЗДЕЛ 4. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА, ПЕРЕРАБОТКИ И ХРАНЕНИЯ КАРТОФЕЛЯ

составила +18,2 °С. Дожди носили в основном кратковременный характер и наблюдались часто. Первая и вторая декады августа были теплыми, третья – с пониженной температурой, дожди были в основном кратковременные и шли часто. В сентябре среднесуточная температура воздуха на 0,9 °С превышала среднемноголетнюю и составила 14,2 °С. Количество выпавших осадков было в норме – 59,0 мм.

В апреле 2018 г. среднесуточная температура воздуха составляла +10,4 °С, что на 3,2 °С выше климатической нормы. Осадков выпало 45 мм. Май характеризовался повышенным температурным режимом и дефицитом влаги, дожди были преимущественно кратковременными. Среднемесячная температура воздуха за май составила +17,1 °С. Средняя температура воздуха за июнь +20,8 °С, что выше климатической нормы на 3,4 °С. Осадков выпало 49 мм, что на 33 % меньше среднемноголетнего количества. Июль выдался теплым и характеризовался неустойчивым характером погоды с частыми дождями. За месяц выпало 153 мм осадков, что составило 175 % климатической нормы. Среднемесячная температура воздуха +19,7 °С. В августе преобладала теплая погода. Средняя за месяц температура воздуха составила +19,8 °С. Всего выпало 49 мм осадков. Среднесуточная температура в сентябре была +15,5 °С, что на 3,5 °С выше климатической нормы. Дожди отмечались чаще в третьей декаде месяца. В целом за месяц выпало 45 мм осадков (месячная норма).

Апрель 2019 г. характеризовался дефицитом влаги и неустойчивым температурным режимом. Средняя за месяц температура воздуха составила +8,5 °С, выпало всего 4 мм осадков. В мае преобладала холодная погода, среднемесячная температура воздуха +13,8 °С. В целом за месяц выпало 65 мм осадков. Средняя за июнь температура воздуха составила +20,7 °С, что на 3,3 °С выше климатической нормы. Осадков выпало всего 56,4 мм (69 % месячной нормы). В июле средняя температура воздуха составила +16,6 °С, а количество осадков – 76 мм (87 % нормы). Среднесуточная температура воздуха в августе была от +17,7 °С, выпало 101,4 мм осадков (130 % месячной нормы). Сентябрь характеризовался теплой погодой в первой половине месяца и преобладанием холодной погоды во второй. Среднемесячная температура воздуха +12,9 °С. В целом за месяц отмечено 43 мм осадков (73 % месячной нормы).

Проведение наблюдений, учетов и анализ опытного материала выполняли согласно Методическим рекомендациям по специализированной оценке сортов картофеля [20]. Экспериментальные данные обработаны программой Statistica 10.

В лаборатории биохимической оценки картофеля определяли *биохимические показатели клубней* картофеля после уборки: содержание сухого вещества – термостатно-весовым методом, витамина С – по Мурри, нитратов – ионоселективным методом [21], суммарного белка – с реактивом Оранж «Ж» [22], редуцирующих сахаров – с реактивом Самнера [23].

Агробиохимические показатели клубней определяли: гидролитическую кислотность – по Каппену рН-метрическим методом (ГОСТ 26212–91), сумму поглощенных оснований – по Каппену-Гильковицу (ГОСТ 27821–88), гумус – по Тюрину (ГОСТ 2613–84), подвижные соединения фосфора и калия – по Кирсанову (ГОСТ 26207–84), содержание меди, цинка, магния и марганца – прибором LASA AGRO 100.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В результате проведенных исследований в 2017–2019 гг. установлено, что содержание крахмала в клубнях изменялось от 9,23 (Скарб) до 12,17 % (Вектар) (табл. 3). Независимо от технологии возделывания наиболее низкий показатель был отмечен у клубней

РАЗДЕЛ 4. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА, ПЕРЕРАБОТКИ И ХРАНЕНИЯ КАРТОФЕЛЯ

сорта Скарб (9,72 %), с повышением до 10,44 %, 11,52 и 12,10 % соответственно у сортов Бриз, Рагнеда и Вектар. Изменение ширины междурядий с 75 до 90 см привело к статистически достоверному повышению количества крахмала в клубнях картофеля у сортов Бриз на 2,33 %, Скарб – 0,97, Рагнеда – 0,63 и Вектар – на 0,13 %. У сортов Бриз и Скарб с увеличением ширины междурядий достоверно повысилось содержание сухих веществ в клубнях на 2,23 и 1,07 % и составило 17,23 и 15,97 % соответственно. Наибольшее количество сухих веществ было у клубней сорта Вектар при ТВ-90, наименьшее – у сорта Скарб при ТВ-75. Изменение ширины междурядий увеличивало количество редуцирующих сахаров в клубнях Бриз на 0,37 % (1,28 %), Скарб – 0,13 (0,53), Рагнеда – на 0,01 % (0,34 %). Сорт Вектар на данный агроприем отреагировал противоположно. Так, с увеличением ширины междурядий до 90 см количество редуцирующих сахаров в клубнях снижалось за годы исследований на 0,14 % и составляло 0,41 % при ТВ-75 и 0,27 % при ТВ-90. Количество суммарного белка с увеличением ширины междурядий повышалось от 0,07 до 0,11 % (сорта Скарб и Вектар). Сорт Рагнеда на изменение ширины междурядий не реагировал. Статистически достоверного влияния ширины междурядий на содержание в клубнях суммарного белка не установлено. Выявлена четкая закономерность повышения содержания витамина С в клубнях картофеля с увеличением ширины междурядий с 75 до 90 см у сортов: Бриз – на 4,67 мг%, Скарб – 1,30, Рагнеда – 3,10 и Вектар – 2,10 мг%. В среднем по сорту независимо от технологии возделывания содержание нитратов в клубнях варьировало от 188,87 мг/кг сырого веса до 275,92 мг/кг у сорта Бриз. Уровень данного вещества в клубнях всех изучаемых сортов картофеля не превышал ПДК (250 мг/кг), за исключением клубней сорта Бриз. Четкой закономерности влияния ширины междурядий на содержание нитратов в клубнях не установлено, результаты исследований статистически недостоверны.

Таблица 3 – Влияние сорта и ширины междурядий на биохимические показатели клубней картофеля, 2017–2019 гг.

Сорт (А)	ТВ (В), ширина междурядий	Показатели					
		Крахмал, %	Сухое вещество, %	Редуцирующие сахара, %	Суммарный белок, %	Витамин С, мг%	Нитраты, мг/кг
Бриз	75	9,27	15,00	0,91	0,94	15,43	277,30
	90	11,60	17,23	1,28	1,03	20,10	274,53
Среднее значение		10,44	16,12	1,10	0,99	17,77	275,92
Скарб	75	9,23	14,90	0,41	0,80	13,97	178,97
	90	10,20	15,97	0,53	0,87	15,27	198,77
Среднее значение		9,72	15,44	0,47	0,84	14,62	188,87
Рагнеда	75	11,20	17,00	0,33	0,85	17,33	197,20
	90	11,83	17,57	0,34	0,82	20,43	190,43
Среднее значение		11,52	17,29	0,34	0,84	18,88	193,82
Вектар	75	12,03	17,67	0,41	0,92	15,03	200,97
	90	12,17	17,90	0,27	1,03	17,13	203,47
Среднее значение		12,10	17,79	0,34	0,98	16,08	202,22
НСР _{0,05}	фактор А	1,26	1,26	0,19	0,06	2,95	38,81
	фактор В	0,95	0,95	0,19	0,05	2,09	31,85
	фактор С	0,90	0,89	0,22	0,06	1,81	35,00
	Взаимодействие А:В:С	1,53	1,50	0,17	0,08	3,02	75,08

РАЗДЕЛ 4. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА, ПЕРЕРАБОТКИ И ХРАНЕНИЯ КАРТОФЕЛЯ

Более детальную оценку влияния различных факторов на формирование биохимических показателей клубней продовольственного картофеля позволяет сделать дисперсионный анализ.

Дисперсионный анализ, выполненный по схеме трехфакторного опыта (сорт – А, ширина междурядий – В и условия года – С) и их взаимодействие А:В, А:С, В:С и А:В:С, показал, что определяющее влияние на формирование показателей содержания редуцирующих сахаров, суммарного белка и нитратов в клубнях картофеля оказывает фактор «сорт»: 57,02; 56,20 и 40,73 % соответственно. Содержание крахмала, сухого вещества и витамина С зависит от условий года, доля влияния составила 51,88; 52,40 и 62,24 %, соответственно. Наибольшее влияние увеличение ширины междурядий оказало на накопление в клубнях витамина С – 10,21 %, наименьшее – на содержание нитратов – 0,08 % (рис.).

Накопление в клубнях крахмала, сухих веществ и витамина С также зависело от сортовых особенностей с долей влияния 23,98; 23,40 и 13,76 % соответственно. Содержание редуцирующих сахаров, суммарного белка и нитратов зависело от условий года (21,16; 12,03 и 30,13 % соответственно). Влияние других факторов незначительное.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований влияния указанных факторов на формирование биохимических показателей в клубнях продовольственного картофеля установлено, что определяющее влияние на содержание редуцирующих сахаров, суммарного белка и нитратов в клубнях картофеля оказал фактор «сорт» (А): 57,02; 56,20 и 40,73 % соответственно. Содержание крахмала, сухого вещества и витамина С зависело от условий года (С): 51,88; 52,40 и 62,24 % соответственно. Увеличение ширины междурядий (фактор В) наибольшее значение имело для изменения содержания в клубнях витамина С (с долей влияния 10,21 %), наименьшее – для содержания нитратов – 0,08 %.

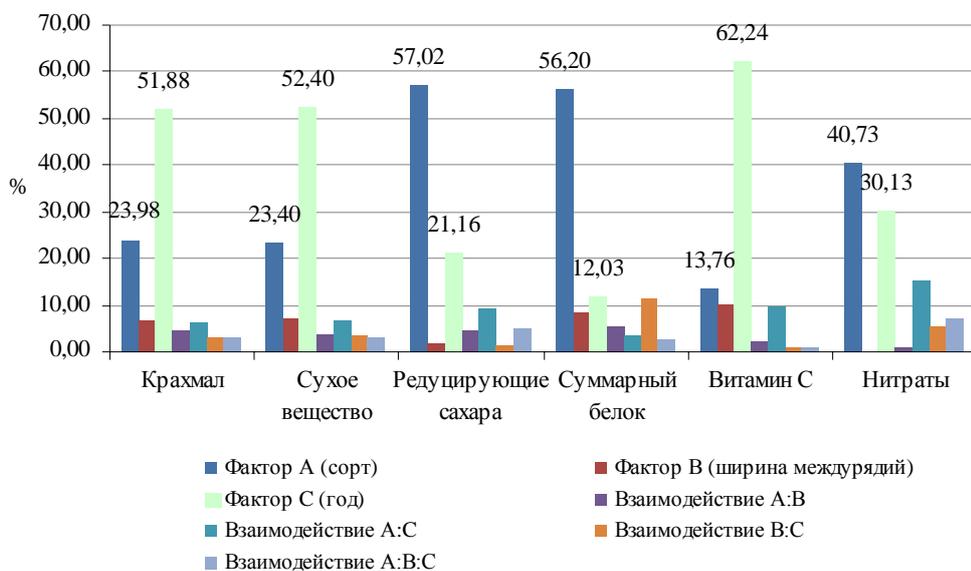


Рисунок – Доля влияния факторов на накопление биохимических показателей в клубнях продовольственного картофеля (2017–2019 гг.), %

Список литературы

1. Антонов, М. В. Перевозка и хранение картофеля / М. В. Антонов. – М. : Экономика, 1965. – 207 с.
2. Коршунов, А. В. Управление урожаем и качеством картофеля / А. В. Коршунов. – М., 2001. – С. 369.
3. Жоровин, Н. А. Потребительские качества картофеля / Н. А. Жоровин. – Минск, 1963. – 120 с.
4. Бертон, В. Картофель / В. Бертон ; пер. с англ. В. Н. Чепкасова. – М. : Изд-во ЛЛ, 1952. – С. 52–67.
5. Прокошев, С. М. Биохимия картофеля / С. М. Прокошев. – М. : Изд-во АН СССР, 1947. – 242 с.
6. Дорожкин, Н. А. Картофель / под ред. Н. А. Дорожкина. – Минск : Ураджай, 1972. – 448 с.
7. Сокол, П. Ф. Хранение картофеля / П. Ф. Сокол. – М. : Сельхозиздат, 1963. – 256 с.
8. Кирюхин, В. П. Накопление крахмала в растущих клубнях / В. П. Кирюхин // Картофель и овощи. – 1989. – № 11. – С. 17–19.
9. Кононученко, Н. В. Картофель на широкорядных посадках / Н. В. Кононученко, А. В. Богусевич // Картофель и овощи. – 1989. – № 2. – С. 21–24.
10. Jurt, J. Vliv nerovnomerne vzdalenessi rostlin brambor na Venos a Vyteznost hliz / J. Jurt // Rostl. Vyroba. – 1980. – Bd. 26. – Н. 9. – S. 951–958.
11. Vanha, B. Vstany mezi odrudami, hnojenim, vzdalenessimi radku a hloubkow / B. Vanha // Kultivace Vyzk. Slecht Ustavu Brambor. – V Havlckove Brode, 1979. – R. 7. – С. 2. – S. 5–13.
12. Ильницкий, А. П. Нитраты как новый средовой фактор, оказывающий влияние на здоровье населения / А. П. Ильницкий // Экологические проблемы накопления нитратов в окружающей среде. – Пушино, 1989. – С. 130.
13. Коршунов, А. В. Нитраты и картофель / А. В. Коршунов, А. В. Назаров // Химизация сельского хозяйства. – 1989. – № 8. – С. 17–19.
14. 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.
15. Государственный реестр средств защиты растений и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь / под. ред. А. В. Пискуна. – Минск, 2017. – 687 с.
16. Защита картофеля в условиях индустриальной технологии / К. В. Попкова [и др.]. – М. : Россельхозиздат, 1986. – 152 с.
17. Попов, Б. А. Полив картофеля / Б. А. Попов // Картофель и овощи. – 1977. – № 6. – С. 11–12.
18. Пшеченков, К. А. Интенсивная технология производства картофеля / К. А. Пшеченков. – М. : Росагропромиздат, 1989. – 303 с.
19. Снижение уплотняющего воздействия агрегатов на почву / В. И. Славкин [и др.] // Труды ГОСНИТИ. – 2017. – Т. 126. – С. 87–92.
20. Методические рекомендации по специализированной оценке сортов картофеля / С. А. Банадысев [и др.] ; М-во сельского хоз-ва и прод. Респ. Беларусь. – Минск, 2003. – 71 с.
21. Практикум по агрохимии / Б. А. Ягодин [и др.] ; под ред. Б. А. Ягодина. – М. : Агропромиздат, 1987. – 512 с.

22. Методы биохимического исследования растений / В. В. Арасимович [и др.] ; под ред. А. И. Ермакова. – М. : Колос, 1987. – 456 с.

23. Luchhisinger, W. W. Reducing power by the dinitrosallycyl acid method / W. W. Luchhisinger, B. A. Corneski // Anal. Bbiochem. – 1962. – № 4. – P. 346.

Поступила в редакцию 11.10.2021 г.

V. A. SERDYUKOV, V. L. MAKHANKO, D. D. FITSURO,
L. N. KOZLOVA, D. S. GASTILO

**FACTORS AFFECTING THE ACCUMULATION OF BIOCHEMICAL
SUBSTANCES IN WARE POTATO TUBERS**

SUMMARY

The article presents the research results on the influence of the variety, planting width (75 and 90 cm), conditions during the year and their interaction on the formation of biochemical parameters in ware potato tubers. It was found that reducing sugars, total protein and nitrate contents in tubers mostly depend on a potato variety. Starch, dry matter and Vitamin C contents depend on the conditions during the year.

Key words: potatoes, variety, tuber, biochemical parameters, planting width, growing conditions.

УДК 635.21.24.491:632.937.15

<https://doi.org/10.47612/0134-9740-2021-29-128-138>

С. В. Сокол¹, Н. А. Курейчик¹, Г. И. Пискун², Д. Д. Фицуро²

¹ РУП «Минская областная сельскохозяйственная опытная станция Национальной академии наук Беларуси», д. Натальевск, Червенский район
E-mail: s-sokol82@yandex.ru

² РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству», аг. Самохваловичи, Минский район
E-mail: d.fitsuro@gmail.com

ВЛИЯНИЕ ЭКОЛОГИЗИРОВАННЫХ ПРИЕМОВ И ТЕХНОЛОГИЙ НА ПОЛУЧЕНИЕ КАЧЕСТВЕННЫХ КЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ

РЕЗЮМЕ

В статье приведены результаты исследований влияния экологизированной технологии выращивания на качество клубней картофеля на дерново-подзолистой супесчаной почве в условиях Минской области за 2013–2014 гг. Установлено, что возделывание картофеля по экологизированным технологиям в сравнении с традиционной повышает содержание сухого вещества, крахмала, витамина С, аминокислот и снижает содержание нитратов и радионуклидов в клубнях.

Ключевые слова: экологизированная технология, органическое земледелие, картофель, биологические препараты, биохимический состав, сухое вещество, крахмал, аминокислоты, нитраты, радионуклиды.

ВВЕДЕНИЕ

Картофель – один из основных продуктов питания населения Республики Беларусь. По уровню производства картофеля на душу населения страна занимает одно из лидирующих мест в мировом масштабе. Однако практически вся произведенная продукция выращивается с использованием традиционной технологии, где в качестве защиты растений от вредителей и болезней применяются химические препараты, что отрицательно сказывается на окружающей среде, здоровье людей.

Одним из экономически и экологически целесообразных решений в этом отношении может стать органическое земледелие, которое предполагает отказ от пестицидов, химических регуляторов роста, генно-модифицированных организмов (ГМО) и направлено на рациональное использование природных ресурсов, сохранение плодородия почв, применение органических и биологических удобрений, биопрепаратов [2].

Проблемы рационального природопользования и обеспечения населения безопасными для здоровья продуктами питания являются особенно актуальными в современном обществе. Развитие органического сельского хозяйства в мире стало одним из способов уменьшения негативного воздействия традиционного ведения сельского хозяйства на природу и человека [4].

За рубежом органическая продукция пользуется огромным спросом у покупателей среднего достатка, несмотря на более высокую цену по сравнению с обычной продукцией, выращенной с применением пестицидов (разница в цене может достигать 100–150 % и выше). Органические продукты позиционируются как более здоровые, гипоаллергенные,

РАЗДЕЛ 4. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА, ПЕРЕРАБОТКИ И ХРАНЕНИЯ КАРТОФЕЛЯ

обладающие повышенной питательной ценностью за счет большего содержания витаминов и других полезных веществ. Производители органических продуктов руководствуются нормами Международной федерации экологического сельскохозяйственного движения (International Federation of Organic Agriculture Movements – IFOAM). Во многих странах приняты законы об органическом сельском хозяйстве, созданы системы сертификации [2, 10].

Объем мирового рынка органической продукции за 2018 г. достиг 90 млрд евро. Крупнейшие рынки органического сельского хозяйства – США (40 млрд евро), Германия (10), Франция (7,9) и Китай (7,6 млрд евро). По прогнозам, к 2024 г. мировой рынок органических продуктов питания достигнет 324 млрд долл. США. Наибольшим спросом в 2017 г. экопродукция пользовалась в Швейцарии – 288 евро на душу населения, Германии – 278, Швеции – 237 евро. Наибольшая доля органического рынка приходится на Данию – 13,3 % от общего объема продовольственного рынка. Всего по статистике за 2018 г. в мире насчитывалось 2,9 млн производителей органической продукции: в Индии – 835 тыс. производств, в Уганде – 210 352, Мексике – 210 тыс. В России насчитывалось около 70 сертифицированных производителей органической продукции при общем объеме сертифицированных органических сельхозугодий 290 тыс. га [5].

Органическое земледелие открывает новые перспективы для многих стран мира, в том числе и для Республики Беларусь, где это направление сельского хозяйства только начинает формироваться. Беларусь обладает практически неиспользуемым до сих пор потенциалом развития производства органических продуктов при наличии соответствующего количества сельскохозяйственных угодий, почвенно-климатических условий и созданной материально-технической базы, а также разработанных учеными Ф. И. Приваловым, В. В. Лапой, А. Р. Цыгановым, С. В. Сорокой, С. А. Тарасенко и А. В. Свиридовым методических аспектов и рекомендаций для перехода от традиционного к органическому ведению сельского хозяйства [3, 4, 7–9].

Исследования, проведенные как отечественными, так и зарубежными учеными, свидетельствуют об эффективности использования экологизированной (органической) технологии выращивания картофеля, влияющей на повышение биохимических показателей (содержание сухого вещества, крахмала, витамина С) и снижение накопления нитратов в клубнях в сравнении с выращиванием картофеля по традиционной технологии с внесением химических пестицидов. В наших исследованиях впервые на научно-методическом уровне необходимо было определить влияние экологизированной технологии выращивания картофеля на биохимический состав клубней, выращенных по принципам органического земледелия.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Исследования разработки экологизированной технологии выращивания картофеля проводили в 2012–2014 гг. на полях агротехнического севооборота РУП «Минская областная сельскохозяйственная опытная станция Национальной академии наук Беларуси». Почва опытного участка дерново-подзолистая супесчаная со следующими агрохимическими показателями пахотного горизонта: гумус – 1,9–2,4 %, рН (КС1) – 5,5–5,9, содержание P_2O_5 – 290–340 мг/кг; K_2O – 250–310 мг/кг почвы. Содержание подвижных форм фосфора и обменного калия устанавливали по Кирсанову, гидролитическую кислотность – по Каппену, рН – метрическим методом, сумма поглощенных оснований – по Каппену – Гильковицу, гумус – по Тюрину [6].

Исследования проводили с сортами белорусской селекции: Лилея (раннеспелый), Скарб (среднеспелый) и Рагнеда (среднепоздний). Предшественник картофеля – рапс, выращиваемый на семена.

РАЗДЕЛ 4. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА, ПЕРЕРАБОТКИ И ХРАНЕНИЯ КАРТОФЕЛЯ

Схема опыта включала варианты с различными формами природных и органических удобрений (цеолит, вермигумус, органическое удобрение КРС), биоинсектицидов (Битоксибациллин, П, Бацитурин, Ж), биофунгицидов (Фитоспорин-М, П, Бактофит, СК), регулятора роста Экосил, минеральных удобрений и химических средств защиты растений:

1. Контроль – без обработок и удобрений;
2. Традиционная технология с применением минеральных удобрений и химических средств защиты растений;
3. Экологизированная технология с применением цеолита, Битоксибациллина, П, Бактофита, СК и Экосила;
4. Экологизированная технология с применением цеолита, Бацитурин, Ж, Фитоспорин-М и Экосила;
5. Экологизированная технология с применением вермигумуса, Битоксибациллина, П, Бактофита, СК и Экосила;
6. Экологизированная технология с применением вермигумуса, Бацитурин, Ж, Фитоспорин-М, П и Экосила;
7. Экологизированная технология с применением органического удобрения КРС, Битоксибациллина, П, Бактофита, СК и Экосила;
8. Экологизированная технология с применением органического удобрения КРС, Бацитурин, Ж, Фитоспорин-М, П и Экосила.

Органическое удобрение КРС в виде полуперепревшего навоза (40 т/га) вносили осенью под зяблевую вспашку, цеолит (100 кг/га) и вермигумус (500 кг/га) – весной в рядки при посадке картофеля. Обработки посадок картофеля Битоксибациллином, П (3,0 кг/га) и Бацитурин, Ж (3,0 л/га) проводили два раза за вегетацию, Фитоспорин-М, П (0,6 кг/га) и Бактофитом, СК (5,0 л/га) – 4-кратно, Экосилом (200 мл/га) – 2-кратно. При возделывании картофеля по традиционной технологии применяли минеральные удобрения ($N_{90}P_{60}K_{150}$), Актара, ВДГ (0,08 кг/га, 1-кратно), Акробат МЦ, ВДГ (2,0 кг/га, 2-кратно) и Пеннкоцеб, ВДГ (1,5 кг/га, 2-кратно).

Возделывание картофеля по экологизированной (органической) технологии проводили согласно практическим рекомендациям по ведению экологически чистого сельского хозяйства в Республике Беларусь [8] и рекомендациям РУП «Институт почвоведения и агрохимии Национальной академии наук Беларуси» [9].

Учетная площадь делянки в опытах – 50,0 м², повторность – 4-кратная.

Способ уборки – сплошной по делянкам с определением урожайности картофеля и его структуры по фракциям клубней весовым методом.

Агрохимический анализ почвы и биохимическую оценку клубней выполняли в лаборатории массовых анализов РУП «Минская областная сельскохозяйственная опытная станция Национальной академии наук Беларуси». Содержание сухого вещества в клубнях определяли весовым методом, витамина С – по И. К. Мурри [6], крахмала – на весах Парова, нитратов – потенциметрически с использованием ионо-селективного электрода. Содержание подвижных форм фосфора и калия определяли по Кирсанову, гидролитическую кислотность – по Каппену, рН (КС1) – потенциметрическим методом, сумму поглощенных оснований – по Каппену – Гильковицу, гумус – по И. В. Тюрину [6]. Аминокислотный анализ клубней картофеля выполняли в РУП «Институт почвоведения и агрохимии Национальной академии наук Беларуси» в лаборатории мониторинга плодородия почв и экологии. Определение содержания аминокислот, в том числе критических (треонин, метионин, лизин) и незаменимых (треонин, валин, метионин, фенилаланин, лизин, лейцин и изолейцин) проводили

РАЗДЕЛ 4. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА, ПЕРЕРАБОТКИ И ХРАНЕНИЯ КАРТОФЕЛЯ

на жидкостном хроматографе Agilent 1100 после предварительной подготовки проб методом гидролиза (6N соляная кислота, 108 ± 2 °C в течение суток).

Определение радионуклидов и остаточного количества пестицидов в продукции выполняли в контрольно-токсикологической лаборатории ГУ «Главная государственная инспекция по семеноводству, карантину и защите растений» на спектрометре МКС АТ 1315, хроматографах «Хроматэк-Кристалл 500», Agilent 7820A и Agilent 1200, спектрофотометре Specord M40.

Экспериментальный материал полевых опытов обработан на ПЭВМ методом дисперсионного анализа [1]. Для статистической обработки данных использовали компьютерную программу статистического анализа лабораторно-математического обеспечения агрохимических исследований (ВИУА, 1991) и пакет прикладных программ Statistica 10.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

При визуальной оценке растений картофеля поражаемость болезнями как при двух технологиях возделывания, так и между вариантами исследования за 2013–2014 гг. была незначительной и существенно не отличалась между собой. Суммарный процент поражения по всем заболеваниям варьировал в контрольном варианте от 3,4 до 6,0 %, при выращивании картофеля по традиционной технологии – 3,8–5,2, при экологизированной технологии – 2,0–5,3 % в зависимости от сорта (табл. 1).

Среди симптомов вирусных болезней наиболее часто наблюдались (по визуальной оценке) скручивание листьев и ризоктониоз – 1,3 и 1,0 % соответственно, а также морщинистая мозаика – 0,6 %. Закручивание листьев, полосчатая мозаика и крапчатость встречались в меньшей степени. В единичных случаях отмечалось заболевание черной ножкой – 0,1–0,3 %.

В разрезе вариантов по экологизированной технологии с применением природных удобрений преимущество того или иного удобрения в уменьшении поражения ботвы картофеля болезнями установлено не было. Однако поражаемость основными болезнями сорта Лилея в варианте с применением вермигумуса была минимальной и составила 2 %. Сорт Рагнеда поразились в меньшей степени при внесении цеолита – 3,2 %, для сорта Скарб варианты с применением вермигумуса и органического удобрения КРС способствуют уменьшению заболеваемости до 4,6 %.

По распространенности заболеваний наиболее встречаемой на клубнях у всех исследуемых сортов и при различных способах выращивания картофеля была парша обыкновенная. Пораженность клубней при различных технологиях возделывания составила: при экологизированной технологии – от 11,0 до 42,0 %, при традиционной – 10,5–22,3 %, в контрольном варианте – 13,0–38,0 %. Особенно подверженным данному заболеванию при различных технологиях выращивания оказался сорт Рагнеда (22,3–42,0 %), наименее – Скарб (10,5–18,0 %). Пораженность клубней картофеля показана в таблице 2.

Применение биопрепарата Фитоспорин-М, П способствовало снижению развития фитофтороза на клубнях картофеля (сорта Лилея и Рагнеда – 0,0–1,5 %, Скарб – 2,5–4,0 %) по сравнению с биопрепаратом Бактофит, СК (Лилея – 2,3–3,3 %, Скарб – 5,0–9,0, Рагнеда – 1,7–2,7 %). При традиционной технологии выращивания картофеля с внесением химпрепаратов (Акробат МЦ – 2-кратно, Пеннкоцеб – 2-кратно) проявление фитофтороза на клубнях сорта Рагнеда отмечено не было, для сортов Лилея и Скарб поражаемость клубней составила 0,5 и 4,3 % соответственно.

Внесение биопрепарата Фитоспорин-М, П (0,6 кг/га) 4-кратно снижало развитие фитофтороза на клубнях картофеля исследуемых сортов и находилось в среднем

Таблица 1 – Поражение ботвы картофеля симптомами вирусных болезней, черной ножкой и ризоктониозом по визуальной оценке в зависимости от технологии выращивания, 2013–2014 гг.

Сорт	Поражено растений, %							Всего поражено, %
	Крапчатость	Морщинистая мозаика	Полосчатая мозаика	Скручивание листьев	Закручивание листьев	Черная ножка	Ризоктониоз	
	Контроль – без обработок и удобрений							
Лилея	0,2	0,4	0,0	1,2	0,4	0,0	1,2	3,4
Скарб	0,8	0,4	1,2	1,2	0,6	0,0	1,8	6,0
Рагнеда	0,0	1,4	0,4	0,6	1,6	0,0	1,4	5,4
	Традиционная технология с химическим методом СЗР							
Лилея	0,0	1,1	0,0	1,2	0,7	0,3	0,5	3,8
Скарб	0,4	0,7	0,5	2,0	0,5	0,3	0,8	5,2
Рагнеда	0,5	0,0	1,3	1,1	0,7	0,1	0,8	4,5
	Применение цеолита с биологическим методом СЗР							
Лилея	0,0	0,8	0,5	0,4	0,4	0,0	1,5	3,6
Скарб	0,7	0,5	0,3	2,4	0,0	0,3	1,2	5,3
Рагнеда	0,5	0,5	0,1	1,6	0,3	0,1	0,1	3,2
	Применение вермикулита с биологическим методом СЗР							
Лилея	0,3	0,0	0,1	1,1	0,0	0,0	0,5	2,0
Скарб	0,7	0,7	0,0	1,1	0,9	0,0	1,2	4,6
Рагнеда	0,5	0,7	0,3	1,5	0,7	0,0	1,2	4,9
	Применение органических удобрений с биологическим методом СЗР							
Лилея	0,8	0,3	0,8	1,5	0,0	0,1	0,8	4,3
Скарб	0,3	0,8	0,9	1,2	0,1	0,0	1,3	4,6
Рагнеда	0,4	0,0	0,4	1,7	0,1	0,0	0,7	3,3
Среднее по вариантам и сортам	0,4	0,6	0,5	1,3	0,5	0,1	1,0	–

РАЗДЕЛ 4. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА, ПЕРЕРАБОТКИ И ХРАНЕНИЯ КАРТОФЕЛЯ

Таблица 2 – Пораженность клубней картофеля в зависимости от технологии возделывания, 2013–2014 гг.

Технология возделывания	Сорт	Поражено клубней, %					
		Фитофтороз	Ризоктониоз	Парша обыкновенная	Ростовые трещины	Дуплистость	
Технология без удобрений и защиты (контроль)	Лиляя	4,0	2,0	25,5	1,5	0,0	
	Скарб	11,0	1,0	13,0	3,5	0,0	
	Рагнеда	2,0	0,0	38,0	2,5	0,0	
Традиционная технология с химическим методом СЗР	Лиляя	0,5	1,5	21,0	6,5	5,0	
	Скарб	4,3	1,0	10,5	7,8	0,0	
	Рагнеда	0,0	1,0	22,3	5,0	2,3	
Экологизированная технология с применением цеолита, Битоксибациллина, П, Бактофита, СЖ	Лиляя	3,3	1,3	23,0	1,7	0,0	
	Скарб	9,0	2,0	12,7	2,7	0,0	
	Рагнеда	2,7	0,7	31,3	0,0	0,0	
Экологизированная технология с применением цеолита, Бацитурин, Ж, Фитоспорина-М, П	Лиляя	1,0	2,3	26,0	0,5	1,0	
	Скарб	4,0	0,0	11,0	0,0	0,0	
	Рагнеда	0,0	0,5	35,5	1,0	0,5	
Экологизированная технология с применением вермигумуса, Битоксибациллина, П, Бактофита, СЖ	Лиляя	2,3	0,0	16,7	2,7	0,3	
	Скарб	5,0	0,7	12,3	2,0	0,0	
	Рагнеда	1,7	3,3	24,0	2,0	0,0	
Экологизированная технология с применением вермигумуса, Бацитурин, Ж, Фитоспорина-М, П	Лиляя	1,5	0,5	29,0	2,5	0,0	
	Скарб	3,0	1,5	14,0	3,5	0,0	
	Рагнеда	0,0	0,0	42,0	0,0	0,0	
Экологизированная технология с применением органических удобрений КРС, Битоксибациллина, П, Бактофита, СЖ	Лиляя	3,0	0,3	21,3	4,7	0,3	
	Скарб	7,0	2,3	14,3	0,0	0,0	
	Рагнеда	2,3	1,3	32,0	2,0	0,3	
Экологизированная технология с применением органических удобрений КРС, Бацитурин, Ж, Фитоспорина-М, П	Лиляя	0,0	1,5	27,0	1,5	0,0	
	Скарб	2,5	0,5	18,0	2,5	0,0	
	Рагнеда	1,5	2,0	38,0	3,0	0,0	

РАЗДЕЛ 4. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА, ПЕРЕРАБОТКИ И ХРАНЕНИЯ КАРТОФЕЛЯ

на уровне 1,5 % против 4,0 % с использованием биопрепарата Бактофит, СК при норме расхода 5,0 л/га.

Поражаемость ризоктониозом при выращивании по экологизированной технологии у исследуемых сортов составила: Лилея и Скарб – от 0 до 2,3 %, Рагнеда – от 0 до 3,3 %. В зависимости от используемых биопрепаратов поражение ризоктониозом клубней составило: при использовании Бактофита, СК – Лилея – 0,0–1,3 %, Скарб – 0,7–2,3, Рагнеда 0,7–3,3 %; Фитоспорина-М, П – Лилея – 0,5–2,3 %, Скарб – 0,0–1,5, Рагнеда – 0,0–2,0 %. При традиционной технологии возделывания поражение ризоктониозом клубней изучаемых сортов составило 1,0–1,5 %.

Ростовые трещины были характерны для всех сортов при различных технологиях выращивания, особенно при традиционном способе (5,0–7,8 %), что связано с чередованием засушливого и дождливого периодов 2013–2014 гг. в процессе вегетации растений.

При экологизированной технологии выращивания ростовые трещины клубней составили: при внесении природного удобрения цеолит – 0,0–2,7 %, вермигумус – 0,0–3,5 %, органического удобрения КРС – 0,0–4,7 % в зависимости от сорта. У сорта Лилея ростовые трещины занимали 2,3 %, Скарб – 1,8, Рагнеда – 1,3 %.

Дуплистость клубней более характерна при выращивании картофеля по традиционной технологии, что связано с увеличением крупной фракции в структуре урожая (Лилея – 5,0 %, Рагнеда – 2,3 %). У клубней сорта Скарб дуплистости не установлено. При выращивании картофеля по экологизированной технологии в связи с уменьшением в структуре урожая крупной фракции клубней дуплистость на исследуемых сортах отмечена в следующих вариантах: применение цеолита с внесением биопрепаратов Бацитурин, Фитоспорин-М, П (Лилея – 1,0 %, Рагнеда – 0,5 %); применение вермигумуса с внесением биопрепаратов Битоксибациллин, П, Бактофит, СК (Лилея – 0,3 %); применение органического удобрения КРС с внесением Битоксибациллина, П, Бактофита, СК (Лилея – 0,3 %, Рагнеда – 0,3 %).

Биохимические показатели клубней картофеля по содержанию сухого вещества, крахмала, витамина С, нитратов зависели от сорта, погодных условий, используемой технологии и года выращивания. Количество сухого вещества в клубнях при выращивании картофеля по экологизированной технологии в зависимости от сорта в среднем за 2013–2014 гг. варьировало в пределах 21,0–24,4 %, по традиционной технологии – 19,9–23,4 и на контроле – 21,4–23,3 % (табл. 3).

Содержание крахмала в клубнях картофеля при выращивании по экологизированным технологиям для сорта Лилея составило 12,8–13,6 %, Скарб – 12,2–12,7, Рагнеда – 15,5–16,7 %, по традиционной технологии – 12,4 %, 12,1 и 15,8 % соответственно.

В клубнях сорта Скарб, выращенных по экологизированным технологиям, в сравнении с традиционной наблюдалось увеличение содержания витамина С на 0,4–1,2 мг %, по сорту Рагнеда – на 0,6–1,9 мг%. Для клубней сорта Лилея в вариантах с применением органического удобрения КРС и вермигумуса по экологизированной технологии накопление витамина С было выше на 0,2 и 1,1 мг % соответственно.

Установлено, что возделывание картофеля по экологизированным технологиям способствует уменьшению накопления нитратов в клубнях в сравнении с традиционной технологией выращивания в среднем по сорту Лилея на 64,1 мг/кг, Скарб – 32,8, Рагнеда – на 35,1 мг/кг.

Данные биохимического анализа трех сортов картофеля показали, что содержание аминокислот в клубнях картофеля зависит от способа выращивания. Установлено, что у клубней сорта Лилея содержание незаменимых аминокислот с применением экологизированной технологии выше на 2,76 г/кг по сравнению с традиционной. Для заменимых

РАЗДЕЛ 4. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА, ПЕРЕРАБОТКИ И ХРАНЕНИЯ КАРТОФЕЛЯ

Таблица 3 – Биохимические показатели клубней картофеля в зависимости от технологии возделывания и сорта, 2013–2014 гг.

Технология возделывания	Сорт	Содержание в сырых клубнях				
		Сухое вещество, %	Крахмал, %	Сырой белок, %	Витамин С, мг %	Нитраты, мг/кг
Технология без удобрений и защиты (контроль)	Лиляя	21,6	13,0	1,03	17,6	128,3
	Скарб	21,4	12,8	0,87	19,0	142,4
	Рагнеда	23,3	15,9	0,93	22,9	138,2
Традиционная технология с химическим методом СЗР	Лиляя	20,3	12,4	0,99	17,2	201,2
	Скарб	19,9	12,1	0,91	18,9	157,1
	Рагнеда	23,4	15,8	0,96	21,0	160,1
Экологизированная технология с применением цеолита	Лиляя	21,1	12,8	0,99	17,1	137,9
	Скарб	21,0	12,3	0,89	19,9	122,7
	Рагнеда	23,1	15,5	0,94	21,6	123,9
Экологизированная технология с применением вермикулита	Лиляя	22,2	13,4	1,08	18,3	131,5
	Скарб	21,1	12,7	0,93	20,1	116,1
	Рагнеда	23,9	16,2	1,02	22,9	122,8
Экологизированная технология с применением органического удобрения КРС	Лиляя	22,3	13,6	1,06	17,4	141,8
	Скарб	21,3	12,2	0,89	19,3	134,0
	Рагнеда	24,4	16,7	0,91	22,5	128,2
<i>НСР₀₅</i>		<i>1,08–1,24</i>	<i>0,66–0,80</i>	<i>0,04–0,05</i>	<i>1,07–1,10</i>	<i>11,20–11,98</i>

аминокислот этот показатель составляет 5,37 г/кг, по общей сумме аминокислот – на 8,13 г/кг (табл. 4).

Для сорта Рагнеда при экологизированном способе выращивания содержание в клубнях незаменимых аминокислот увеличивается на 1,85 г/кг. Однако сумма критических аминокислот по сравнению с традиционной технологией оказалась на 0,14 г/кг ниже. Сумма заменимых аминокислот при экологизированной технологии превысила содержание аминокислот по традиционной на 4,71 г/кг, по общей сумме всех аминокислот – на 6,56 г/кг.

В клубнях сорта Скарб содержание аминокислот несколько снижалось: по сумме незаменимых аминокислот – на 0,10 г/кг (0,4 %), заменимых – на 1,22 (2,7), по общей сумме всех аминокислот – на 1,32 г/кг (1,8 %).

Лабораторные испытания клубней картофеля, выращенных в 2012 и 2014 г., показали, что содержание радионуклида ¹³⁷Cs (¹³⁷цезий) в них в зависимости от сорта при возделывании по экологизированной технологии изменялось в пределах 7,05–8,25 Бк/кг, по традиционной – 7,80–9,85 Бк/кг при нормированном значении технического нормативного правового акта (ТНПА) не более 80 Бк/кг. Традиционная технология в сравнении с экологизированной несколько повышала содержание радионуклида ¹³⁷Cs в клубнях (в среднем по всем сортам на 1,32 Бк/кг), которое, однако, не влияло на общую оценку клубней по изучаемому показателю. Не выявлено значительных различий и между сортами по содержанию данного радионуклида в клубнях.

Во все годы исследований в клубнях картофеля сортов Лиляя, Скарб, Рагнеда, выращенных с применением минеральных удобрений и пестицидов, остаточных количеств пестицидов (гербицидов Зенкор и Миура, инсектицида Актара, фунгицидов Пеннкоцеб и Акробат МЦ) в клубнях не обнаружено.

Таблица 4 – Содержание аминокислот в клубнях картофеля в зависимости от способа выращивания на дерново-подзолистой супесчаной почве, 2013–2014 гг., Г аминокислоты/кг образца

Аминокислоты	Лилея		Рагнеда		Скарб	
	Традиционный	Экологизированный	Традиционный	Экологизированный	Традиционный	Экологизированный
<i>Незаменимые аминокислоты:</i>						
валин	6,28	7,04	6,03	6,76	6,46	6,28
треонин (критическая)	1,31	1,37	1,06	1,11	1,30	1,06
метионин (критическая)	1,02	1,33	1,47	1,56	1,38	1,49
фенилаланин	5,51	5,69	4,85	5,28	4,64	4,66
изолейцин	4,18	4,46	3,90	4,25	3,71	3,73
лейцин	6,67	7,57	6,52	7,00	5,51	5,64
лизин (критическая)	3,07	3,34	3,22	2,94	2,87	2,91
Сумма незаменимых аминокислот	28,04	30,80	27,05	28,90	25,87	25,77
Сумма критических аминокислот*	5,40	6,04	5,75	5,61	5,55	5,46
<i>Заменимые аминокислоты:</i>						
аспарагин	11,76	11,65	13,01	14,80	14,84	13,43
глутамин	12,24	14,69	13,56	15,44	15,32	16,36
серин	3,17	3,68	3,04	3,20	2,68	2,57
глицин	1,46	1,87	1,56	1,63	1,33	1,31
аланин	3,43	4,33	3,75	3,79	3,61	3,72
аргинин	4,71	5,19	4,93	5,35	4,71	4,12
тирозин	3,39	4,12	3,23	3,58	3,30	3,06
Сумма заменимых аминокислот	40,16	45,53	43,08	47,79	45,79	44,57
Общая сумма незаменимых и заменимых аминокислот	68,20	76,33	70,13	76,69	71,66	70,34

* Сумма критических аминокислот: треонин, метионин, лизин.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Качество клубней, выращенных по экологизированным технологиям, лучше в сравнении с качеством по традиционной. В клубнях повышается содержание сухого вещества в среднем на 0,1–0,7 %, крахмала – на 0,1–0,5 %, витамина С – на 0,6–0,9 мг % и снижается содержание нитратов на 36,2–44,6 мг/кг, радионуклидов – на 1,3 Бк/кг. Сорт Рагнеда в сравнении с сортом Лилея характеризуется более высоким содержанием в клубнях сухого вещества, крахмала, витамина С и более низким содержанием нитратов. Сорт Скарб по содержанию сухого вещества и крахмала в клубнях уступает другим сортам.

Экологизированная технология возделывания картофеля в сравнении с традиционной у сортов Лилея и Рагнеда способствует лучшему накоплению в клубнях суммы аминокислот: заменимых – на 5,37 г/кг (+13,4 %) и 4,71 г/кг (+10,9 %); незаменимых – 2,76 (+9,8 %) и 1,85 г/кг (+6,8 %); всех аминокислот – на 8,13 г/кг (+11,9 %) и 6,56 г/кг (+9,4 %) соответственно. Клубни сорта Скарб, выращенные по экологизированной технологии, незначительно уступают клубням, возделанным по традиционной технологии, по сумме заменимых аминокислот на 1,22 г/кг (–2,7 %); незаменимых – на 0,10 (–0,4); по общей сумме аминокислот – на 1,32 г/кг (–1,8 %).

Экологизированная технология выращивания картофеля в сравнении с традиционной снижает содержание радионуклида ^{137}Cs в клубнях в среднем по сортам на 1,32 Бк/кг.

Список литературы

1. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – М. : Колос, 1985. – 416 с.
2. Жуков, А. Есть ли в Беларуси место для органического фермера? / А. Жуков // Белорус. сельское хоз-во. – 2013. – № 9. – С. 112–116.
3. Концепция и перспективы развития биоорганического земледелия по производству здоровых экологически чистых продуктов питания в Республике Беларусь / Органическое сельское хозяйство Беларуси : перспективы развития : материалы Междунар. науч.-практ. конф. / сост. Н. И. Поречина. – Минск : Донарит, 2012. – С. 6–18.
4. Кочурко, В. И. Основы органического земледелия : практическое пособие / В. И. Кочурко, Е. Э. Абарова, В. Н. Зуев. – Минск : Донарит, 2013. – 176 с.
5. Перспективы развития рынка органической продукции [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://nart.ru/2019/02/22/perspektivy-razvitiya-rynka-organicheskoy-produktsii/>. – Дата доступа: 16.05.2019.
6. Петербургский, А. В. Практикум по агрономической химии / А. В. Петербургский. – М. : Колос, 1981. – 495 с.
7. Позняк, С. С. Перспективы развития органического сельского хозяйства в Беларуси / С. С. Позняк, Ч. А. Романовский // Органическое сельское хозяйство Беларуси : перспективы развития : материалы Междунар. науч.-практ. конф. / сост. Н. И. Поречина. – Минск : Донарит, 2012. – С. 65–68.
8. Практические рекомендации по ведению экологически чистого сельского хозяйства в Республике Беларусь / сост. : С. А. Тарасенко, А. В. Свиридов. – Минск – Гродно – Вилейка, 2006. – 298 с.
9. Рекомендации по ведению экологического (биологического) земледелия в Республике Беларусь / Ф. И. Привалов [и др.]. – Минск : Ин-т почвоведения и агрохимии, 2011. – 28 с.
10. Скоропанова, Л. С. Развитие рынка органической продукции / Л. С. Скоропанова // Наше сельское хоз-во. – 2011. – № 9. – С. 72–75.

Поступила в редакцию 10.09.2021 г.

S. V. SOKOL, N. A. KUREICHIK, G. I. PISKUN, D. D. FITSURO

**INFLUENCE OF GREEN TECHNOLOGIES AND PRACTICES
ON PRODUCTION OF HIGH-QUALITY POTATO TUBERS**

SUMMARY

The article presents the results of studies on the effect of eco-friendly cultivation technology on the quality of potato tubers on sod-podzolic sandy-loam soil in the Minsk region conditions in 2013–2014. It was found that the cultivation of potatoes using green technologies in comparison with the traditional ones increases the content of dry matter, starch, Vitamin C, amino acids and reduces the nitrates and radionuclides content in tubers.

Key words: green technology, organic farming, potatoes, biological preparations, biochemical composition, dry matter, starch, amino acids, nitrates, radionuclides.

Н. Ф. Терлецкая, А. С. Антонюк

Государственное научное учреждение «Полесский аграрно-экологический институт Национальной академии наук Беларуси», г. Брест
E-mail: info@paei.by

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ КРАХМАЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ КАРТОФЕЛЯ

РЕЗЮМЕ

Изучено влияние органических удобрений на основе отходов крахмального производства на урожайность картофеля. Установлено, что удобрения на основе мезги оказывают аналогичное традиционным удобрениям влияние на формирование урожайности картофеля. При использовании мезги в качестве удобрения содержание нитратов в клубнях не превышало предельно допустимых для продовольственного картофеля норм, содержание крахмала находилось на уровне 16,3–17,9 %

Ключевые слова: картофель, мезга, органические удобрения, вермикомпост, урожайность, нитраты, тяжелые металлы, крахмал.

ВВЕДЕНИЕ

Картофель является ценной сельскохозяйственной культурой, широко используемой на продовольственные, технические и кормовые цели. Способность картофеля накапливать в урожае большое количество питательных веществ и наличие слаборазвитой корневой системы, расположенной главным образом в пахотном горизонте почвы, обуславливают его повышенную отзывчивость на удобрения. По усредненным данным, на каждые 100 ц клубней картофель выносит около 50 кг азота, 20 – фосфора, 90 – калия, около 40 – кальция и 20 кг магния [1]. Следовательно, для создания оптимальных условий роста и развития растений, получения высокой урожайности и качества клубней, а также восстановления почвенного плодородия необходимо своевременное внесение достаточного объема удобрений [2, 3].

В Республике Беларусь актуальна проблема рационального использования вторичных материальных ресурсов, в частности отходов крахмальных производств. Мезга, образующаяся при производстве крахмала, по влажности близка к жидкому навозу КРС, по содержанию органического вещества, азота и калия превосходит данное органическое удобрение, что позволяет ее использовать в растениеводческом комплексе сельскохозяйственного производства в удобрительных целях.

До настоящего времени исследования влияния отходов крахмальной промышленности на рост, развитие, урожайность картофеля и плодородие почв не проводились. В связи с этим изучение возможности использования мезги и компостов на ее основе в качестве нетрадиционных органических удобрений под данную культуру является актуальным.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Объектом исследования являлся отход крахмального производства – мезга, представляющая собой остаток растертого картофеля после извлечения крахмала.

Полевой опыт изучения влияния органических удобрений на основе отходов крахмального производства на рост, развитие и урожайность картофеля включал следующие варианты:

1. Контроль (без удобрений);
2. Подстилочный навоз КРС (45 т/га) + $N_{80}P_{50}K_{80}$;
3. $N_{80}P_{50}K_{80}$;
4. Мезга (60 т/га);
5. Мезга (60 т/га) + $N_{80}P_{50}K_{80}$;
6. Мезга (30 т/га) + подстилочный навоз КРС (20 т/га) + $N_{80}P_{50}K_{80}$;
7. Мезга (60 т/га) + подстилочный навоз КРС (45 т/га);
8. Почвогрунт питательный (вермикомпост : торф – 8 : 2) (12 т/га).

В качестве субстрата для вермикомпостирования использовался перепревший навоз с почвой, в качестве подкормки – мезга и опилки.

Отход крахмального производства имел следующий агрохимический состав: влажность свежего образца – 91,5 %, кислотность – 5,34 ед. рН, содержание органического вещества – 75,0 кг/т, азота – 3,3 кг/т, подвижного фосфора – 0,4 кг/т, обменного калия – 3,0 кг/т, цинка – 24,64 мг/кг, меди – 8,86 мг/кг. Содержание подвижных форм тяжелых металлов: свинца – 0,12 мг/кг, кадмия – 0,18, марганца – 20,55, никеля – 0,55, кобальта – 0,40, хрома – 1,32 мг/кг.

Агрохимический состав вермикомпоста: влажность 30,01 % от сырой массы, кислотность – 6,7 ед. рН, содержание органического вещества – 166 кг/т, подвижного фосфора – 4,8, обменного калия – 7,3 кг/т.

Опыты были заложены на дерново-подзолистой связносупесчаной почве. Повторность вариантов в опыте 3-кратная, размещение опытных делянок рендомизированное. Площадь делянок в полевом опыте с органическими удобрениями – 100 м², в опыте с почвогрунтом – 25 м².

В опыте использовался сорт картофеля белорусской селекции Журавинка, включенный в Государственный реестр Республики Беларусь в 2004 г.

Закладка полевых опытов проводилась согласно организационно-технологическим нормативам возделывания сельскохозяйственных культур [4]. Для борьбы с однолетними двудольными и злаковыми сорными растениями применялся Зенкор, СП (1,0 кг/га). Для защиты картофеля от фитофтороза и альтернариоза проводились обработки посадок контактно-системным фунгицидом Синекура, СТС (2,5 кг/га), фунгицидами контактного действия Зуммер, КС (0,4 л/га) и Абига-Пик, ВС (3,8 кг/га).

Калибровка клубней, имеющих округло-овальную форму, осуществлялась по наибольшему поперечному диаметру на следующие фракции: менее 28 мм; 28–55 мм; более 55 мм.

Статистическая обработка полученных данных выполнялась методом полевого опыта по Б. А. Доспехову [5].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Оценка вегетативного роста растений картофеля при использовании мезги как органического удобрения. На ранних этапах развития потребность картофеля в элементах питания удовлетворяется за счет запасов материнского клубня. Поступление азота и зольных элементов в процессе вегетации картофеля происходит неравномерно. Наибольшее количество питательных веществ поглощается растениями в период активного роста надземной массы и клубнеобразования. Вследствие реутилизации питательных веществ к моменту уборки в клубнях содержится около 80 % азота, 90 –

РАЗДЕЛ 4. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА, ПЕРЕРАБОТКИ И ХРАНЕНИЯ КАРТОФЕЛЯ

фосфора и практически весь калий (96 %) от усвоенного [6]. В связи с этим для роста и развития, а также получения высококачественного урожая картофелю необходимо своевременное обеспечение питательными веществами.

В наших исследованиях действие органических и минеральных удобрений проявилось в фазу вегетативного роста растений. Высота растений в опытных вариантах была достоверно выше, чем в контроле (15,3 и 35,5 см), и составила 19,4–23,4 см на 35-й день после посадки и 49,6–64,5 см на 75-й день после посадки (табл. 1).

Количество стеблей на куст растений в опытных вариантах составило 5,2–5,7 шт/куст, в контроле – 4,6 шт/куст (табл. 2).

Оценка урожайности клубней картофеля при использовании мезги в качестве органического удобрения. Внесение мезги как органического удобрения способствовало повышению урожайности клубней картофеля. Так, в вариантах с использованием мезги в чистом виде (60 т/га) урожайность клубней картофеля была выше, чем в контроле, на 57,5 ц/га и составила 211,7 ц/га (рис. 1).

При применении мезги (30 т/га) совместно с подстилочным навозом (20 т/га) и минеральными удобрениями ($N_{80}P_{50}K_{80}$), а также мезги (60 т/га) совместно с подстилочным навозом (45 т/га) урожайность картофеля составила 237,9–247,5 ц/га. При внесении отхода крахмального производства (60 т/га) совместно с минеральными удобрениями ($N_{80}P_{50}K_{80}$) урожайность находилась на уровне варианта с применением подстилочного навоза (45 т/га) с минеральными удобрениями ($N_{80}P_{50}K_{80}$) – 260,7 и 256,3 ц/га соответственно. В опытном варианте с использованием почвогрунта на основе вермикомпоста урожайность картофеля не превышала 259,3 ц/га.

Таблица 1 – Динамика роста растений картофеля в зависимости от доз органических удобрений

Вариант опыта	Высота, см	
	35-й день после посадки	75-й день после посадки
Контроль (без удобрений)	15,3 ± 1,11	35,5 ± 3,92
Подстилочный навоз КРС (45 т/га) + $N_{80}P_{50}K_{80}$	21,8 ± 1,06	60,2 ± 4,90
$N_{80}P_{50}K_{80}$	20,1 ± 1,54	49,6 ± 4,25
Мезга (60 т/га)	21,8 ± 1,45	56,1 ± 3,57
Мезга (60 т/га) + $N_{80}P_{50}K_{80}$	23,4 ± 1,47	64,5 ± 6,05
Мезга (30 т/га) + подстилочный навоз КРС (20 т/га) + $N_{80}P_{50}K_{80}$	19,4 ± 1,19	58,5 ± 4,26
Мезга (60 т/га) + подстилочный навоз КРС (45 т/га)	20,4 ± 1,67	59,2 ± 3,48
Вермикомпост + торф (8 : 2)	21,1 ± 1,46	56,1 ± 5,71

Таблица 2 – Количество стеблей на куст картофеля

Вариант опыта	Количество стеблей, шт/куст
Контроль (без удобрений)	4,6 ± 0,49
Подстилочный навоз КРС (45 т/га) + $N_{80}P_{50}K_{80}$	5,7 ± 0,52
$N_{80}P_{50}K_{80}$	5,5 ± 0,50
Мезга (60 т/га)	5,2 ± 0,44
Мезга (60 т/га) + $N_{80}P_{50}K_{80}$	5,6 ± 0,39
Мезга (30 т/га) + подстилочный навоз КРС (20 т/га) + $N_{80}P_{50}K_{80}$	5,3 ± 0,38
Мезга (60 т/га) + подстилочный навоз КРС (45 т/га)	5,3 ± 0,43
Вермикомпост + торф (8 : 2)	5,3 ± 0,37

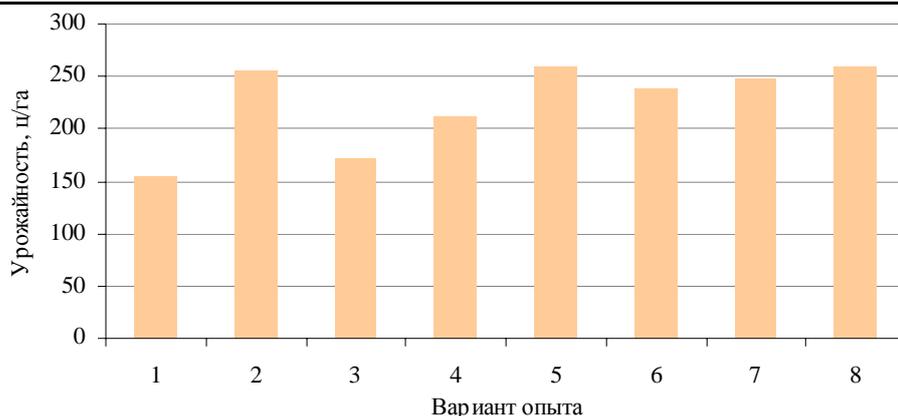


Рисунок 1 – Урожайность клубней картофеля:

- 1 – контроль (без удобрений); 2 – подстильный навоз КРС (45 т/га) + $N_{80}P_{50}K_{80}$;
 3 – $N_{80}P_{50}K_{80}$; 4 – мезга (60 т/га); 5 – мезга (60 т/га) + $N_{80}P_{50}K_{80}$;
 6 – мезга (30 т/га) + подстильный навоз КРС (20 т/га) + $N_{80}P_{50}K_{80}$;
 7 – мезга (60 т/га) + подстильный навоз КРС (45 т/га); 8 – вермикомпост (12 т/га)

В среднем число клубней с одного куста в контрольном варианте составило $11,8 \pm 1,79$ шт., в вариантах с применением удобрений – $12,3 \pm 1,14$ шт. – $14,3 \pm 1,63$ шт.

Результаты исследований показали, что более высокий по сравнению с контролем урожай клубней картофеля при внесении мезги был получен благодаря увеличению процентного содержания клубней крупной фракции. В структуре урожая доля различных фракций в вариантах опыта представлена в таблице 3.

Оценка качества продукции при использовании мезги как органического удобрения. Как показали результаты исследований, содержание крахмала в клубнях картофеля находилось на уровне 16,3–17,9 %. Выход крахмала с единицы площади в контроле составил 27,6 ц/га, при использовании отхода крахмального производства – варьировал в зависимости от варианта опыта от 36,0 до 43,3 ц/га (рис. 2).

Содержание нитратов в клубнях картофеля при применении органических удобрений на основе мезги находилось в пределах 162–233 мг/кг, что ниже предельно допустимого уровня (250 мг/кг) [7, 8]. В контроле содержание нитратов составило 62 мг/кг, в вариантах с применением вермикомпоста – 162, мезги (60 т/га) и $N_{80}P_{50}K_{80}$ – 193, мезги (60 т/га) и подстильного навоза (45 т/га) – 233 мг/кг.

Таблица 3 – Доля фракций клубней картофеля по наибольшему поперечному диаметру в вариантах полевых опытов, %

Вариант опыта	Менее 28 мм	28–55 мм	Более 55 мм
Контроль (без удобрений)	20,1	74,5	5,4
Подстильный навоз КРС (45 т/га) + $N_{80}P_{50}K_{80}$	20,1	50,7	29,2
Мезга (60 т/га) + $N_{80}P_{50}K_{80}$	20,2	46,7	33,1
Мезга (30 т/га) + подстильный навоз КРС (20 т/га) + $N_{80}P_{50}K_{80}$	18,1	59,9	22,0
$N_{80}P_{50}K_{80}$	20,2	72,5	7,5
Мезга (60 т/га) + подстильный навоз КРС (45 т/га)	19,7	64,2	25,5
Мезга (60 т/га)	20,3	68,4	11,3
Вермикомпост + торф (8 : 2)	20,8	49,1	30,1

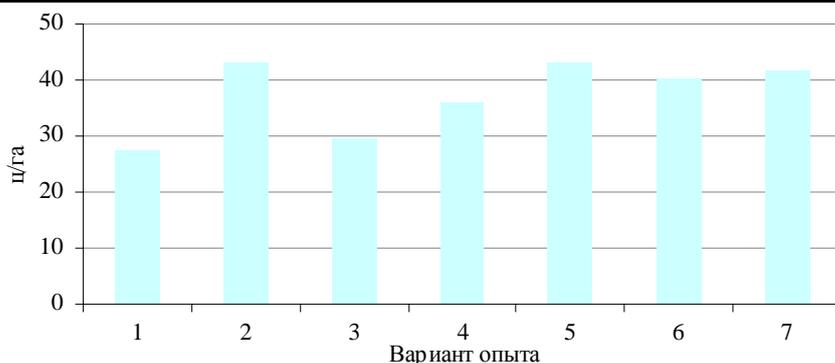


Рисунок 2 – Выход крахмала с единицы площади:

- 1 – контроль (без удобрений); 2 – подстильный навоз КРС (45 т/га) + $N_{80}P_{50}K_{80}$;
 3 – $N_{80}P_{50}K_{80}$; 4 – мезга (60 т/га); 5 – мезга (60 т/га) + $N_{80}P_{50}K_{80}$;
 6 – мезга (30 т/га) + подстильный навоз КРС (20 т/га) + $N_{80}P_{50}K_{80}$;
 7 – мезга (60 т/га) + подстильный навоз КРС (45 т/га)

Содержание тяжелых металлов в клубнях картофеля при естественной влажности представлено в таблице 4.

Согласно Техническому регламенту Таможенного союза [8], в картофеле нормируется только содержание свинца – не более 0,5 мг/кг и кадмия – не более 0,03 мг/кг. В обследованных клубнях картофеля свинец не был обнаружен, содержание кадмия во всех образцах не превышало предельно допустимую норму.

Содержание калия в клубнях картофеля в контроле составило 1,96 % на сухую массу, в вариантах с использованием мезги – 2,35–2,51 %.

Таблица 4 – Содержание тяжелых металлов в клубнях картофеля, мг/кг

Вариант опыта	Кадмий	Цинк	Медь	Марганец	Железо
Контроль (без удобрений)	0,01	2,33	0,85	1,00	4,01
Мезга (60 т/га) + подстильный навоз КРС (45 т/га)	0,02	2,88	0,78	0,96	5,03
Вермикомпост + торф (8 : 2) (12 т/га)	0,01	2,52	0,82	0,80	4,57

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Внесение мезги в качестве органического удобрения при возделывании картофеля способствовало увеличению процентного содержания клубней крупной фракции относительно контрольного варианта и формированию урожайности картофеля (237,9–260,7 ц/га) на уровне варианта с традиционными удобрениями (256,3 ц/га).

При использовании мезги в качестве удобрения содержание нитратов в клубнях составляло 162–233 мг/кг, что ниже предельного допустимого уровня для продовольственного картофеля.

Содержание крахмала в клубнях находилось в пределах 16,3–17,9 %, калия (в контроле) – 1,96 % на сухую массу, в вариантах с использованием мезги – 2,35–2,51 %.

Список литературы

1. Державин, Л. М. Применение минеральных удобрений в интенсивном земледелии / Л. М. Державин. – М. : Колос, 1992. – 272 с.

2. Абакумов, В. Н. Формирование урожая и качества клубней картофеля сортов разных групп спелости в зависимости от применения подкормок в условиях ЦРНЗ РФ : дис. ... канд. с.-х. наук : 06.01.01 / В. Н. Абакумов. – М., 2018. – 139 л.

3. Агрохимия / И. Р. Вильдфлуш [и др.] ; под ред. И. Р. Вильдфлуша. – Минск : ИВЦ Минфина, 2013. – 704 с.

4. Организационно-технологические нормативы возделывания сельскохозяйственных культур : сб. отрасл. регламентов. – Минск : Ин-т аграр. экон. НАН Беларуси, 2005. – 460 с.

5. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – М., 1986. – 416 с.

6. Система применения удобрений / В. В. Лапа [и др.] ; под ред. В. В. Лапы. – Гродно : ГГАУ, 2011. – 418 с.

7. Об утверждении Санитарных норм и правил «Требования к продовольственному сырью и пищевым продуктам», Гигиенического норматива «Показатели безопасности и безвредности для человека продовольственного сырья и пищевых продуктов» и признании утратившими силу некоторых постановлений М-ва здравоохранения Респ. Беларусь [Электронный ресурс] : постановление М-ва здравоохранения Респ. Беларусь, 21 июня 2013 г., № 52 : в ред. постановлений Минздрава от 22.04.2014 г. № 29, от 22.11.2016 г. № 120. – Режим доступа: <https://mart.gov.by/files/live/sites/mart/files/documents/НПА/Постановление%20МЗ%20от%2021.06.2013%20№%2052.pdf/>. – Дата доступа: 11.07.2021.

8. О безопасности пищевой продукции : ТР ТС 021/2011 [Электронный ресурс] : утв. Решением Комиссии Таможенного союза от 9 дек. 2011 г. № 880. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/902320560>. – Дата доступа: 04.07.2021.

Поступила в редакцию 22.09.2021 г.

N. F. TERLETSKAYA, A. S. ANTONYUK

USE OF ORGANIC FERTILIZERS BASED ON STARCH PRODUCTION WASTE IN POTATO CULTIVATION

SUMMARY

The effect of organic fertilizers based on starch production waste on potato productivity has been studied. It has been found that mezga-based fertilizers have a similar effect to traditional fertilizers on the formation of potato yield. When using mezga as fertilizer, the content of nitrates in tubers did not exceed the maximum permissible standards for ware potato, the starch content was at 16.3–17.9 %.

Key words: potatoes, mezga, organic fertilizers, vermicompost, yield, nitrates, heavy metals, starch.

Д. Д. Фицуро, В. А. Сердюков, Д. С. Гасило

РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук

Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству»,

аг. Самохваловичи, Минский район

E-mail: d.fitsuro@gmail.com; vitaliy.sva1992@mail.ru; gastilo1990@mail.ru

РЕЗУЛЬТАТЫ ПРИМЕНЕНИЯ БИОПРЕПАРАТОВ И БИОУДОБРЕНИЙ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ КАРТОФЕЛЯ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЕ

РЕЗЮМЕ

Представлены результаты исследований по эффективности использования на посадках картофеля биопрепаратов Битоксибациллин, П 3,0 кг/га и Ксантрел, Ж 5,0 л/га против колорадского жука: биологический эффект на 3-и сутки составил 55,2–64,0 % и 42,9–55,1 %, 7-е сутки – 82,5–88,6 % и 75,5–80,3 %, 10-е сутки – 79,1–82,8 % и 70,7–75,4 %, а на 14-е сутки – 75,3–77,3 % и 69,5–74,6 % соответственно. При выращивании картофеля на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве по экологизированной технологии (биоудобрения – цеолит, шлам от молокопереработки, навоз КРС; биопрепараты – Ксантрел, Ж и Битоксибациллин, П) урожайность по сортам составила: Першацвет 32,4–38,8 т/га, Нара 28,9–32,8, Рубин 30,4–35,8 т/га, товарная – 31,5–37,6 т/га, 27,4–31,9 и 28,6–35,1 т/га соответственно.

Ключевые слова: картофель, сорт, Битоксибациллин, Ксантрел, навоз КРС, шлам, цеолит-технология, экологизация, Беларусь.

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы во многих странах, в том числе и в нашей республике, большое внимание уделяется экологизации сельскохозяйственного производства и органическому земледелию. Многие исследователи, как отечественные, так и зарубежные, проводили опыты с биологическими препаратами по защите картофеля от вредителей и болезней.

В 2003 г. в результате исследований по определению влияния препаратов растительного происхождения (фитофунгицидов) и биологических средств защиты на возбудителя альтернариоза картофеля В. Г. Иванюк и В. И. Калач выявили, что из 10-ти испытуемых настоев и 2-х биопрепаратов наибольшее ингибирующее действие на *A. solani* оказывали настой чеснока посевного, Лигнорин и Миколин. Данные препараты полностью подавляли прорастание конидий и рост гиф возбудителя альтернариоза картофеля. Настой табачной пыли снижал жизнеспособность спор на 55,0 %, а рост гиф – на 94,5 %. Настои горчицы белой, лопуха большого и ноготков снижали рост гиф соответственно на 81,1; 80,8 и 75,2 % в сравнении с контролем (без обработки) [1, 2].

И. И. Бусько, Э. И. Коломиец, И. Н. Ананьева, О. В. Молчан (2018 г.) отмечали, что применение биопрепарата Бактосол при обработке клубней с нормой расхода 1 л/т позволяет снизить развитие ризоктониоза на ростках на 50–61 %, а обработка вегетирующих растений в 2 %-й концентрации препарата (6 л/га) снижает развитие фитофтороза на 62,5–63,1 %, альтернариоза – на 49,0–53,3 %. Высокая биологическая эффективность препарата Бактосол с нормой 0,5 л/т клубней установлена при закладке картофеля

на хранение – 53–83 % против фузариозной сухой, антракнозной, мокрой бактериальной и раневой водянистой гнилей [3].

В исследованиях Института защиты растений (Д. В. Войтка, Л. И. Прищеп, Н. И. Микульская) применение бактериальных (Дендробациллин, Битоксибациллин, Новодор, Лепидоцид и др.), грибных (Боверин, Вертицилин) и вирусных (Вириин-КШ, Вириин-ГЯП) препаратов обеспечивает гибель листогрызущих вредителей (листовертки, пяденицы, белянки, шелкопрядов, колорадского жука) на 70–95 %, сохранение урожая – на 10–15 % и защиту природной среды от загрязнения химическими пестицидами в результате исключения от 1 до 5 пестицидных обработок [4]. По результатам проведенных исследований на картофеле использование препарата Melobass, ПС 3 кг/га позволяет существенно снизить численность колорадского жука при биологической эффективности препарата на 10-е сутки на 86,1 %, а Бацитурин – на 84,7 % [5]. По мнению Е. В. Бречко, биологические препараты против колорадского жука Бацитурин, Лепидоцид, Битоксибациллин, Боверин зерновой, Melobass, Фитоверм, Нимацаль обладают рядом положительных качеств: экологичность, избирательность действия, использование в любую фазу развития растений [6]. При этом необходимо учитывать, что биологические препараты проявляют высокую эффективность против личинок первого и второго возрастов при 2-кратном опрыскивании растений картофеля через 6–8 дней [7, 8].

Большое внимание в сельском хозяйстве уделяется повышению плодородия почвы, применению различных органических удобрений, сидератов, использованию отходов производства. В связи с этим цель наших исследований – разработка отдельных элементов технологии при выращивании картофеля по экологизированной технологии с сортами разного срока созревания и по степени устойчивости к различным заболеваниям, а также влияния биоудобрений на урожайность и качество клубней.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

В РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству» в 2017–2019 гг. проводили исследования по применению биоудобрений (цеолит, шлам от молокопереработки, навоз КРС) и биопрепаратов (Ксантрел, Ж и Битоксибациллин, П) при выращивании картофеля на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве.

Общая схема опыта включала традиционное выращивание картофеля с применением удобрений (органических и минеральных), химических пестицидов против сорняков, вредителей и болезней, а также экологизированный способ без химических средств защиты с использованием природных биоудобрений и биологических средств защиты растений (табл. 1).

Опыт с биопрепаратами по защите картофеля от колорадского жука включал следующие варианты:

1. Контроль – без удобрений и обработок;
2. Вирий, КС 03 л/га;
3. Битоксибациллин, П 3,0 кг/га;
4. Ксантрел, Ж 5,0 л/га.

Опыт с органическими удобрениями включал отходы (шлам) от переработки молока с ОАО «Туровский молочный комбинат». Шлам от производства молочных продуктов (органическое удобрение ТУ-ВУ 490871155.015-2016) представляет собой творожистую массу серо-белого цвета, с массовой долей питательных веществ, %: азот – 4,2, фосфор – 3,1, калий – 0,3; подвижного фосфора – 240,5 мг/100 г а. с. в.; подвижного

РАЗДЕЛ 4. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА, ПЕРЕРАБОТКИ И ХРАНЕНИЯ КАРТОФЕЛЯ

Таблица 1 – Влияние биоудобрений, биологических средств защиты на урожайность и качество картофеля (схема опыта)

Сорт	Традиционное выращивание картофеля	Выращивание картофеля по экологизированной технологии
Першавец Рубин, Нара	Контроль – без удобрений (обработок)	
	1. Внесение 40 т/га навоз КРС – фон; 2. Внесение минеральных удобрений $N_{90}P_{60}K_{150}$ и $N_{120}P_{90}K_{180}$ вразброс под культивацию РДУ-1,5; 3. Применение химических средств защиты: Зенкор ультра, ВДГ 0,9 кг/га, Кассиус 0,3 л/га; Фюзилад форте 1,0 л/га; Метакил 2,5 кг/га; Инфинито 1,6 л/га; Вирий, КС 0,3 л/га	1. Локальное внесение цеолита при посадке в дозе 100 кг/га; 2. Внесение 40 т/га навоза КРС; 3. Внесение шлама от молокопереработки 0,5 т/га локально и 3,0 т/га вразброс; 4. Обработка картофеля биологическими средствами защиты: Битоксибациллин, П 3,0 кг/га; Ксантрел, Ж, 5,0 л/га – опрыскивание 2–3-кратное в период вегетации

калия – 277 мг/100 г а. с. в.; массовая доля золы – 11,5 % на сухое вещество; кислотность – 5,7; массовая доля влаги – 64,4 %.

Агрохимическая характеристика почвы полей технологического полевого опыта представлена в таблице 2. Следует отметить достаточно кислую реакцию рН почвы (необходимо известкование), довольно высокое содержание калия и фосфора, среднее и высокое – меди (2–3-я группа), высокое и избыточное – бора (3–4-я), низкое и среднее – цинка (1–2-я), среднее – марганца (2-я) и очень низкое содержание магния в почве (1-я группа).

Приведем краткую характеристику биологических средств защиты. Биопестицид Ксантрел, Ж (ТУ ВУ 100289066.093-2012, Институт микробиологии НАН Беларуси) титр жизнеспособных спор 0,1 млрд/см³ (спорово-кристаллический комплекс и экзотоксин бактерий *Bacillus thuringiensis* БИМ В-711 Д, споры и продукты метаболизма *Bacillus subtilis* БИМ В-712 Д) для защиты картофеля против фитофтороза, альтернариоза и колорадского жука, фомоза, капустной моли и репной белянки [9].

Битоксибациллин, П (ПО «Сиббиофарм», Россия) – инсектицидный бактериальный препарат (*Bacillus thuringiensis*), биологическая активность которого не менее 1500 ЕА/мг. Битоксибациллин содержит три энтомоцидных компонента: споры, кристаллический эндотоксин и термостабильный бета-экзотоксин, а также остатки среды, наполнитель (каолин) и хлорид натрия. Предназначен для борьбы с листогрызущими насекомыми, вредителями отряда равнокрылых, чешуекрылых, полужесткокрылых, двукрылых, перепончатокрылых, паутиных клещей, жуков. Препарат действует через

Таблица 2 – Агрохимическая характеристика пахотного (0–22 см) слоя почвы опытных полей севооборота, 2017–2019 гг.

Показатели	Дерново-подзолистая среднесуглинистая почва
Гумус (по Тюрину), %	2,11–2,23
рН (КС1)	4,1–4,9
P ₂ O ₅ (по Кирсанову), мг/кг	329,0–445,0
K ₂ O (по Кирсанову), мг/кг	352,0–453,0
Медь, мг/кг	3,0–8,1
Цинк, мг/кг	2,5–7,7
Марганец, мг/кг	14,4–21,1
Магний, мг/кг	45,6–93,0

кишечник вредителя. Личинки, получившие сублетальную дозу БТБ, задерживаются в развитии, запаздывают с метаморфозом. В дальнейшем у значительного числа особей происходит резкое нарушение самого процесса метаморфоза [10].

Цеолиты – минералы из группы водных алюмосиликатов щелочных и щелочноземельных элементов с тетраэдрическим структурным каркасом, включающим полости (пустоты), занятые катионами и молекулами воды. Емкость поглощения цеолитов в 30 раз выше, чем у ионообменных смол. Внесение в почву цеолитов дает двойную выгоду: обеспечение длительного действия внесенного удобрения (эффект пролонгирования) и предотвращение вымывания питательных веществ. Это вызвано тем, что цеолиты характеризуются значительным суммарным объемом пор и способны к ионному обмену питательных веществ удобрений. Цеолиты хорошо аэрируют почву, способствуют развитию корневой системы, росту всего растения, удерживают в зоне корней достаточное количество воды – 40–70 % от своего веса, работают как резервуар хранения для удобрений – азота, фосфора, калия, наиболее важных элементов для роста и развития растений [11].

Биологическую эффективность препаратов рассчитывали по методическим рекомендациям В. А. Шкаликова, М. В. Штерншис и Л. И. Прищепа [12, 13]. Заселенность кустов колорадским жуком определяли путем подсчета количества фитофага на 10 заселенных кустах картофеля, размещенных на центральных рядах делянки. Учитывали количество жуков и личинок различных возрастов. Учеты количества особей проводили перед обработкой и на 3-и, 7-е, 10-е и 14-е сутки после нее. Расчеты вели по каждой учетной площадке, а затем определяли среднюю по каждому варианту [12, 13]. Степень повреждения колорадским жуком листовой поверхности картофеля рассчитывали путем умножения числа листьев с конкретным баллом повреждения на количество учетных растений. Повреждение листьев выражали в баллах по следующей шкале: 1 балл – поврежденность листьев до 5 %; 2 балла – до 25; 3 балла – до 50; 4 балла – свыше 50 % [12, 13].

Метеоусловия в период вегетации картофеля были как благоприятными, так и неблагоприятными. Так, 2017 и 2019 гг. были близки к оптимальным условиям с гидротермическим коэффициентом (ГТК) 1,63 и 1,65, выпало дождей с мая по сентябрь 314,6 и 323,8 мм, а среднемесячная температура составила +16,2 °С (норма 16,4 °С) и +17,2 °С (+0,8 °С) соответственно. Вегетационный период 2018 г. был засушливым, ГТК составил 1,08, осадков выпало 276,9 мм, среднемесячная температура +18,1 °С (+1,7 °С выше нормы).

Учет урожая определяли согласно методикам НИИКХ и Методическим рекомендациям по специализированной оценке сортов картофеля, путем взвешивания клубней, полученных с делянки при уборке, а структуру урожая – с учетом массы каждой клубневой фракции [19, 20].

Агрохимический анализ почвы (содержание подвижных форм фосфора и калия устанавливали по Кирсанову, гумус – по Тюрину) и биохимические показатели клубней определяли в лаборатории биохимии картофеля НПЦ [21]. Статистический материал полевых опытов обработан методом дисперсионного анализа [22].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В результате проведенных учетов на посадках картофеля после применения биопрепаратов против колорадского жука нами установлено: биологическая эффективность Битоксибациллина, П с нормой внесения 3,0 кг/га на 3-и сутки составила 55,2–64,0 %, на 7-е сутки достигла максимума 82,5–88,6 %, а затем эффект начал снижаться до 79,1–82,8 % (10-е сутки) и 75,3–77,3 % (14-е сутки) (табл. 3). Биологическая эффективность биопрепарата Ксантрел, Ж с нормой обработки 5,0 л/га на 3-и сутки – 42,9–55,1 %,

РАЗДЕЛ 4. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА, ПЕРЕРАБОТКИ И ХРАНЕНИЯ КАРТОФЕЛЯ

Таблица 3 – Биологическая эффективность биопрепаратов по снижению количества колорадского жука при выращивании картофеля, 2018–2019 гг.

Сорт	Биологическая эффективность препарата после обработки растений картофеля против колорадского жука							
	на 3-и сутки		на 7-е сутки		на 10-е сутки		на 14-е сутки	
	шт.	%	шт.	%	шт.	%	шт.	%
Контроль – без обработок								
Першацивет	22,5	–	29,4	–	33,7	–	40,5	–
Нара	20,3	–	25,7	–	29,7	–	36,7	–
Рубин	21,2	–	28,2	–	34,1	–	40,9	–
Традиционная технология (Вирий, КС 0,3 л/га, эталон)								
Першацивет	0	100,0	0,3	99,1	4,5	86,6	7,7	81,0
Нара	0,4	98,1	0,8	96,9	3,7	87,5	6,5	82,3
Рубин	0,5	97,6	0,9	96,8	4,8	85,9	8,9	78,2
Экологизированная технология (Битоксибациллин, П 3,0 кг/га)								
Першацивет	8,1	64,0	3,8	87,1	5,8	82,8	9,2	77,3
Нара	7,8	61,6	4,5	82,5	6,2	79,1	8,9	75,7
Рубин	9,5	55,2	3,2	88,6	6,3	81,5	10,1	75,3
Экологизированная технология (Ксантрел, Ж 5,0 л/га)								
Першацивет	10,1	55,1	5,8	80,3	8,3	75,4	10,3	74,6
Нара	10,2	49,7	6,3	75,5	8,7	70,7	11,2	69,5
Рубин	12,1	42,9	6,5	76,9	9,8	71,3	12,1	70,4

на 7-е сутки достигла максимума 75,5–80,3 %, в дальнейшем эффект уменьшился до 70,7–75,4 % (10-е сутки) и 69,5–74,6 % (14-е сутки).

В контрольном варианте количество колорадского жука за две недели вегетации картофеля возрастало в среднем в 2 раза (от 20,3–22,5 до 36,7–40,9 шт/куст). Химический препарат Вирий, КС с нормой обработки растений картофеля 0,3 л/га обеспечил высокую биологическую эффективность: на 3-и сутки – 97,6–100,0 %, на 7-е сутки – 96,8–99,1 % и незначительно эффект начал снижаться на 10-е сутки – 85,9–87,5 % и на 14-е сутки – 78,2–82,3 %.

В опыте с удобрениями нами был использован новый вид органического удобрения – шлам от производства молочных продуктов, который вносили локально в ряды по 0,5 и 3,0 т/га вразброс. В результате применения шлама установлена прибавка урожая клубней у сорта Нара при локальном способе внесения на 1,5–3,6 т/га, а вразброс – 2,6–5,0 т/га (табл. 4). Необходимо отметить, что в 2017 г. при внесении шлама вразброс получена урожайность 30,8 т/га (+5,0 т/га, превышает НСР), а локально – 27,3 т/га (+1,5 т/га, не превышает НСР). В 2018 г. при локальном способе внесения шлама получена урожайность 35,7 т/га (+3,6 т/га, превышает НСР), а вразброс – 34,7 т/га (+2,6 т/га). В целом за два года исследований прибавка урожайности картофеля от внесения органического шлама при локальном внесении с дозой 0,5 т/га составила 2,6 т/га, при разбросном способе с дозой 3,0 т/га – 3,9 т/га.

Использование шлама положительно повлияло на структуру урожая, крупной фракции более 60 мм получено 59,1–59,3 %, средней семенной – 37,4–38,1 % и товарность продукции достигала 96,5–97,7 % (табл. 5). Товарная урожайность у сорта Нара от внесения шлама локально и вразброс практически одинакова и составила 30,4 и 31,9 т/га соответственно.

В опыте при выращивании картофеля по экологизированной технологии (применение биопрепаратов, биоудобрений) установлена достаточно высокая урожайность у сорта Першацивет – 29,2–41,3 т/га и Рубин – 30,2–43,4 т/га (табл. 6).

РАЗДЕЛ 4. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА, ПЕРЕРАБОТКИ И ХРАНЕНИЯ КАРТОФЕЛЯ

Таблица 4 – Влияние внесения шлама молокопереработки и минеральных удобрений на урожайность при выращивании картофеля сорта Нара, 2017–2018 гг.

Вариант опыта	Урожайность, т/га		
	2017 г.	2018 г.	Хср
Эколтех. ¹ , контроль – без удобрений	25,8	32,1	28,9
Эколтех., 0,5 т/га шлам мп ² (локально)	27,3	35,7	31,5
Эколтех., 3,0 т/га шлам мп ³ (вразброс)	30,8	34,7	32,8
Эколтех., 40 т/га навоз КРС – фон	27,7	34,9	31,3
Традтех. ⁴ , фон + N ₉₀ P ₆₀ K ₁₅₀	43,5	41,1	42,3
Традтех., фон + N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₈₀	48,5	51,0	49,7
НСР _{0,05}	4,9	3,5	4,2

Примечание. Здесь и далее в таблицах 5–8:

¹ Эколтех. – экологизированный способ выращивания картофеля, применение биопрепаратов, биоудобрений;

² 0,5 т/га шлам мп – шлам производства молочных продуктов вносили локально при посадке;

³ 3,0 т/га шлам мп – шлам производства молочных продуктов вносили вразброс перед посадкой.

⁴ Традтех. – традиционный способ выращивания картофеля, применение навоза КРС, химических средств защиты растений.

Таблица 5 – Влияние шлама молокопереработки на структуру урожайности клубней при выращивании картофеля сорта Нара, 2017–2018 гг.

Вариант опыта	Урожайность, т/га	Структура урожая по фракциям, %			Товарность, %	Товарная урожайность, т/га
		> 60 мм	40–60 мм	< 40 мм		
Эколтех., контроль – без удобрений	28,9	58,2	36,7	5,1	94,9	27,4
Эколтех., 0,5 т/га шлам мп	31,5	59,1	37,4	3,5	96,5	30,4
Эколтех., 3,0 т/га шлам мп	32,8	59,3	38,1	2,6	97,4	31,9
Эколтех., 40 т/га навоз КРС – фон	31,3	59,3	36,5	4,2	95,8	30,1
Традтех., фон + N ₉₀ P ₆₀ K ₁₅₀	42,3	59,0	37,0	4,0	96,0	40,6
Традтех., фон + N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₈₀	49,7	63,4	33,8	2,8	97,2	48,3
НСР _{0,05}	4,2	–	–	–	–	–

Таблица 6 – Влияние биоудобрений на урожайность картофеля при экологизированном способе выращивания, 2017–2019 гг.

Вариант опыта	Урожайность, т/га			
	2017 г.	2018 г.	2019 г.	Хср
Сорт Першацвет				
Эколтех., контроль – без удобрений	25,6	34,8	36,9	32,4
Эколтех., цеолит, 100 кг/га локально	–	38,5	39,2	38,8
Эколтех., 40 т/га навоз КРС – фон	29,2	39,7	41,3	36,7
Традтех., фон + N ₉₀ P ₆₀ K ₁₅₀	48,8	45,4	42,4	45,5
Традтех., фон + N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₈₀	56,9	52,4	46,2	51,8
НСР _{0,05}	5,8	5,2	4,0	5,1
Сорт Рубин				
Эколтех., контроль – без удобрений	25,1	25,5	40,5	30,4
Эколтех., цеолит, 100 кг/га локально	–	32,1	39,4	35,7
Эколтех., 40 т/га навоз КРС – фон	30,2	33,7	43,4	35,8
Традтех., фон + N ₉₀ P ₆₀ K ₁₅₀	47,6	50,5	48,9	49,0
Традтех., фон + N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₈₀	53,7	49,2	53,9	52,2
НСР _{0,05}	5,3	4,9	4,1	4,8

РАЗДЕЛ 4. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА, ПЕРЕРАБОТКИ И ХРАНЕНИЯ КАРТОФЕЛЯ

При внесении цеолита в дозе 100 кг/га локально получена урожайность в засушливом 2018 г. у сорта Першацвет 38,5 т/га (+10,6 % к контролю), а у сорта Рубин – 32,1 т/га (+25,9 %). В благоприятном по увлажнению почвы 2019 г. урожайность клубней сорта Першацвет составила 39,2 т/га (+6,2 %), а у сорта Рубин – 39,4 т/га (на уровне контрольного варианта).

При внесении 40 т/га навоза КРС получена урожайность за три года исследований у сорта Першацвет 29,2–41,3 т/га (+11,9–14,1 % к контролю), а у сорта Рубин – 30,2–43,4 т/га (+7,2–20,3 %). В 2019 г., благоприятном по увлажнению почвы, урожайность клубней сорта Першацвет составила 41,3 т/га, а у сорта Рубин – 43,4 т/га.

При традиционной технологии выращивания картофеля, внесении органических и минеральных удобрений урожайность картофеля существенно возрастала у сорта Першацвет – 42,4–56,9 т/га (+15,2–48,7 %), сорта Рубин – 47,6–53,9 т/га (+27,0–43,8 %).

В целом за годы исследований при выращивании картофеля по экологизированной технологии товарная урожайность по сортам составила: Першацвет – 31,5–37,6 т/га и Рубин – 28,6–35,1 т/га (табл. 7). В структуре урожая преобладала крупная фракция у сорта Першацвет – 55,9–73,9 % и Рубин – 55,0–69,0 %, а товарность урожая составила 95,9–97,1 и 91,4–98,1 % соответственно.

При выращивании картофеля по традиционной технологии урожайность выше, чем по экологизированной, так как вносили органические и минеральные удобрения, проводили защитные мероприятия химическими препаратами от сорняков, вредителей и болезней, которые эффективнее биопрепаратов. Товарная урожайность составила у сорта Першацвет 44,3–50,8 т/га, Нара – 40,4–46,5 и Рубин – 47,2–50,8 т/га.

Таблица 7 – Влияние биоудобрений и технологии выращивания на структуру урожайности картофеля, 2017–2019 гг.

Вариант опыта	Урожайность, т/га	Структура урожая по фракциям, %			Товарность, %	Товарная урожайность, т/га
		> 60 мм	40–60 мм	< 40 мм		
Сорт Першацвет						
Эколтех., контроль – без удобрений	32,4	62,8	34,3	2,9	97,1	31,5
Эколтех., цеолит, 100 кг/га локально	38,8	55,9	41,1	3,0	97,0	37,6
Эколтех., 40 т/га навоз КРС – фон	36,7	73,9	22,0	4,1	95,9	35,2
Традтех., фон + N ₉₀ P ₆₀ K ₁₅₀	45,5	66,5	30,8	2,7	97,3	44,3
Традтех., фон + N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₈₀	51,8	71,3	26,7	2,0	98,0	50,8
Сорт Рубин						
Эколтех., контроль – без удобрений	30,4	55,0	39,1	5,9	94,1	28,6
Эколтех., цеолит, 100 кг/га локально	35,7	69,0	29,1	1,9	98,1	35,1
Эколтех., 40 т/га навоз КРС – фон	35,8	63,8	32,8	3,4	96,6	34,6
Традтех., фон + N ₉₀ P ₆₀ K ₁₅₀	49,0	68,6	27,7	3,7	96,3	47,2
Традтех., фон + N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₈₀	52,2	66,4	31,0	2,6	97,4	50,8
НСР _{0,05}	6,8192	(А) сорт				
	4,0935	(В) удобрения				
	5,8534	А : В				

РАЗДЕЛ 4. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА, ПЕРЕРАБОТКИ И ХРАНЕНИЯ КАРТОФЕЛЯ

Рассматривая биохимические показатели клубней, следует отметить, что внесение 0,5 т/га органического удобрения шлама локально ведет к снижению содержания сухого вещества до 2,3 %, крахмала – 1,2 %, нитратов – 47,7 мг/кг. При внесении цеолита 100 кг/га локально установлено увеличение содержания сухого вещества на 1,9–3,2 %, крахмала – 2,1–3,2 % и снижение нитратов на 72,1 мг/кг (табл. 8).

В целом при выращивании картофеля по экологизированной технологии, внесении шлама и цеолита под картофель накопление нитратов в клубнях было меньше предельно допустимой концентрации (ПДК = 250 мг/кг) и по сортам составило: Першацвет – 101,2–150,2 мг/кг, Нара 77,9–117,8 и Рубин – 84,0–110,9 мг/кг.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований по использованию на посадках картофеля биопрепаратов Битоксибациллин, П 3,0 кг/га и Ксантрел, Ж 5,0 л/га против колорадского жука установлено следующее: на 3-и сутки после обработки количество личинок 1-го и 2-го возрастов снизилось с 20,3–22,5 экз/куст до 7,8–9,5 экз/куст (биологический эффект 55,2–64,0 %) и 10,1–12,1 экз/куст (42,9–55,1 %), на 7-е сутки количество жука еще уменьшилось до 3,2–4,5 (82,5–88,6 %) и 5,8–6,5 (75,5–80,3 %), на 10-е сутки – 5,8–6,3 (79,1–82,8 %) и 8,3–9,8 (70,7–75,4 %), а на 14-е сутки вновь отмечено увеличение личинок жука на растениях – 8,9–10,1 экз/куст (75,3–77,3 %) и 10,3–12,1 экз/куст (биологический эффект 69,5–74,6 %) соответственно.

Применение шлама от молокопереработки обеспечивает прибавку урожая клубней по сравнению с контрольным вариантом у сорта Нара при локальном способе

Таблица 8 – Влияние экологизированного способа выращивания на биохимические показатели клубней картофеля, 2017–2019 гг.

Вариант опыта	Сухое вещество, %	Крахмал, %	Суммарный белок, %	Витамин С, мг %	Нитраты, мг/кг
Сорт Нара					
Эколтех., контроль – без удобрений	20,3	13,0	0,99	23,1	79,4
Эколтех., 0,5 т/га шлам мп	18,0	11,8	0,94	22,4	77,9
Эколтех., 3,0 т/га шлам мп	18,1	11,9	0,89	23,0	117,8
Эколтех., 40 т/га навоз КРС – фон	18,6	12,3	0,90	23,1	99,4
Традтех., фон + N ₉₀ P ₆₀ K ₁₅₀	19,9	13,8	0,92	22,1	101,0
Традтех., фон + N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₈₀	17,8	11,7	0,98	22,9	125,1
Сорт Першацвет					
Эколтех., контроль – без удобрений	16,7	11,0	0,97	16,0	151,9
Эколтех., цеолит, 100 кг/га локально	19,9	14,2	1,03	15,3	150,2
Эколтех., 40 т/га навоз КРС – фон	15,3	9,7	0,89	13,4	101,2
Традтех., фон + N ₉₀ P ₆₀ K ₁₅₀	17,5	11,3	1,01	13,6	135,2
Традтех., фон + N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₈₀	14,7	9,0	0,90	14,0	152,0
Сорт Рубин					
Эколтех., контроль – без удобрений	18,8	12,8	0,96	17,4	98,4
Эколтех., цеолит, 100 кг/га локально	20,7	14,9	0,86	16,7	84,0
Эколтех., 40 т/га навоз КРС – фон	17,6	11,5	0,97	19,9	110,9
Традтех., фон + N ₉₀ P ₆₀ K ₁₅₀	18,2	12,3	0,97	17,1	107,3
Традтех., фон + N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₈₀	16,1	10,4	1,03	19,5	156,1
НСР _{0,05} (А) сорт	1,14	1,20	0,06	2,68	30,78
(В) удобрения	1,47	1,46	0,07	4,56	49,45
А : В	2,14	2,23	0,10	5,02	56,10

РАЗДЕЛ 4. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА, ПЕРЕРАБОТКИ И ХРАНЕНИЯ КАРТОФЕЛЯ

внесения на 1,5–3,6 т/га, а вразброс – 2,6–5,0 т/га. При внесении цеолита 100 кг/га локально получена урожайность у сорта Першацвет 38,5–39,2 т/га (+6,2–10,6 % к контролю), а у сорта Рубин – 32,1–39,4 т/га (+ до 25,9 %). Внесение 40 т/га навоза КРС обеспечивает урожайность у сорта Першацвет 29,2–41,3 т/га (+11,9–14,1 %), а у сорта Рубин – 30,2–43,4 т/га (+7,2–20,3 %).

При выращивании картофеля на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве по экологизированной технологии (биоудобрения – навоз КРС, цеолит, шлам от молокопереработки; биопрепараты – Ксантрел, Ж и Битоксибациллин, П) установлена достаточно высокая урожайность по сортам: Першацвет – 32,4–39,2 т/га, Нара – 28,9–32,8 и Рубин – 30,3–39,4 т/га, а товарная соответственно 31,5–38,0 т/га, 27,4–31,9 и 28,5–38,6 т/га. В структуре урожая преобладает крупная фракция у сорта Нара 58,2–59,3 %, Першацвет – 55,9–73,9 и Рубин 55,0–69,0 %, а товарность урожая – 94,9–97,4 %, 95,9–97,1 и 91,4–98,1 % соответственно. При традиционной технологии выращивания картофеля, внесении навоза и минеральных удобрений урожайность картофеля существенно возрастает у сорта Першацвет – 45,5–51,8 т/га, Нара – 42,3–49,7, Рубин – 49,0–52,2 т/га.

Внесение 0,5 т/га органического удобрения шлама локально ведет к снижению содержания сухого вещества до 2,3 %, крахмала – 1,2 %, нитратов – 47,7 мг/кг. При внесении цеолита 100 кг/га локально установлено увеличение содержания сухого вещества на 1,9–3,2 %, крахмала – 2,1–3,2 % и снижение нитратов на 72,1 мг/кг. Содержание нитратов в клубнях при внесении шлама и цеолита под картофель не превышало ПДК (предельно допустимая концентрация = 250 мг/кг) и по сортам составляло: Першацвет – 101,2–150,2 мг/кг, Нара – 77,9–117,8 и Рубин – 84,0–110,9 мг/кг.

Список литературы

1. Иванюк, В. Г. Особенности защиты картофеля от болезней, вредителей и сорняков в личных подсобных хозяйствах / В. Г. Иванюк, В. И. Калач // Материалы Международной юбилейной науч.-практ. конф., посвящ. 75-летию Института картофелеводства НАН Беларуси : в 2 ч. – Минск : Мерлит, 2003. – Ч. 2. – С. 119–130.
2. Калач, В. И. Токсичность фитофунгицидов и биопрепаратов по отношению к грибу *Alternaria solani* (Ell. et Mart.) J.et G. – возбудителю альтернариоза картофеля / В. И. Калач // Материалы Международной юбилейной науч.-практ. конф., посвящ. 75-летию Института картофелеводства НАН Беларуси : в 2 ч. – Минск : Мерлит, 2003. – Ч. 2. – С. 221–225.
3. Экологические основы защиты картофеля от комплекса болезней грибной и бактериальной этиологии / Э. И. Коломиец [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, 2018. – Т. 26. – С. 152–158.
4. Войтка, Д. В. Основные итоги исследований в области микробиологической защиты растений от вредителей и болезней в Беларуси (1976–2010 гг.) / Д. В. Войтка, Л. И. Прищепа, Н. И. Миккульская // Земляробства і ахова раслін. – 2011. – № 3. – С. 45–47.
5. Эффективность нового отечественного препарата Melobass в контроле численности вредителей / Д. В. Войтка [и др.] // Земляробства і ахова раслін. – 2011. – № 2. – С. 46–51.
6. Бречко, Е. В. Колорадский жук: история, биология, защита / Е. В. Бречко // Наше сельское хозяйство : Агрономия. – 2013. – № 11. – С. 54–62.
7. Онтогенетические особенности восприимчивости колорадского жука к воздействию биопрепаратов и растительных экстрактов / Е. Н. Янковская [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, 2014. – Т. 22. – С. 78–87.

8. Ильев, П. Б. Использование биопрепаратов при выращивании картофеля в условиях Молдовы / П. Б. Ильев, Н. Б. Леманова, И. К. Ильева // Картофелеводство : сб. науч. тр. / Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству; редкол.: В. Г. Иванюк (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2011. – Т. 19. – С. 295–301.

9. Ксантрел® [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://mbio.bas-net.by/prod/xantrel>. – Дата доступа: 05.10.2021.

10. Биологический инсектицид Битоксибациллин™ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.sibbio.ru/catalog/rastenievodstvo/bitoksibatsilin/>. – Дата доступа: 05.10.2021.

11. Фицура, Д. Д. Применение природного кремнийсодержащего удобрения (цеолита) на посадках картофеля / Д. Д. Фицура, Л. И. Пищенко // Картофелеводство : сб. науч. тр. / Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству; редкол.: В. Г. Иванюк (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2011. – Т. 19. – С. 474–485.

12. Методические указания по проведению регистрационных испытаний биопрепаратов для защиты растений от вредителей / Л. И. Прищепца [и др.]. – Несвижская укр. тип. им. С. Буднага, 2008. – 56 с.

13. Штерншис, М. В. Применение биопрепаратов для защиты картофеля от основных вредителей и болезней в Западной Сибири : метод. рекомендации / М. В. Штерншис [и др.]; Новосибирский гос. аграр. ун-т. – Новосибирск, 2012. – 28 с.

14. Органическое сельское хозяйство Беларуси: перспективы развития : материалы Междунар. науч.-практ. конф. / сост. Н. И. Поречина. – Минск : Донарит, 2012. – 104 с.

15. Кочурко, В. И. Основы органического земледелия : практическое пособие / В. И. Кочурко, Е. Э. Абарова, В. Н. Зуев. – Минск : Донарит, 2013. – 176 с.

16. Позняк, С. С. Перспективы развития органического сельского хозяйства в Беларуси / С. С. Позняк, Ч. А. Романовский // Органическое сельское хозяйство Беларуси: перспективы развития : материалы Междунар. науч.-практ. конф. / сост. Н. И. Поречина. – Минск : Донарит, 2012. – С. 65–68.

17. Практические рекомендации по ведению экологически чистого сельского хозяйства в Республике Беларусь / сост.: С. А. Тарасенко, А. В. Свиридов. – Минск – Гродно – Вилейка, 2006. – 298 с.

18. Рекомендации по ведению экологического (биологического) земледелия в Республике Беларусь / Ф. И. Привалов [и др.]. – Минск : Ин-т почвоведения и агрохимии, 2011. – 28 с.

19. Методические рекомендации по специализированной оценке сортов картофеля / М-во сельского хоз-ва и прод. Респ. Беларусь, Ин-т картофелеводства НАН Беларуси; редкол.: С. А. Банадысев [и др.]. – Минск, 2003. – 70 с.

20. Методика исследований по культуре картофеля / ВНИИ картофельного хозяйства; редкол.: Н. С. Бацанов [и др.]. – М., 1967. – 265 с.

21. Петербургский, А. В. Практикум по агрономической химии / А. В. Петербургский. – М. : Колос, 1981. – 495 с.

22. 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 20.10.2021 г.

D. D. FITSURO, V. A. SERDYUKOV, D. S. GASTILO

**RESULTS OF THE USE OF BIOPREPARATIONS
AND BIOFERTILIZERS WHEN GROWING POTATOES
ON SOD-PODZOLIC SOIL**

SUMMARY

The research results on the use of biopreparations of Bitoxybacillin, P 3.0 kg/ha and Xantrel, L 5.0 l/ha against the Colorado beetle on potato crops are presented: the biological effect on the 3rd day was 55.2–64.0 % and 42.9–55.1 %, on the 7th day it was 82.5–88.6 % and 75.5–80.3 %, on the 10th day 79.1–82.8 % and 70.7–75.4 %, on the 14th day it was 75.3–77.3 % and 69.5–74.6 % respectively. When growing potatoes on sod-podzolic medium-loamy soil using ecologically friendly technologies (biofertilizers – zeolite, slurry from the milk processing, cattle manure; biopreparations – Xantrel, L and Bitoxybacillin, P), the yield by varieties was: Pershatsvet 32.4–38.8 t/ha, Nara 28.9–32.8, Rubin 30.4–35.8, commercial yield, respectively, was 31.5–37.6 t/ha, 27.4–31.9 and 28.6–35.1 t/ha.

Key words: potatoes, variety, Bitoxybacillin, Xantrel, cattle manure, slurry, zeolite technology, ecologization, Belarus.

УДК 635.21:631.816

<https://doi.org/10.47612/0134-9740-2021-29-156-160>

Н. А. Хох, Л. С. Рутковская, М. О. Ровная

РУП «Гродненский зональный институт растениеводства

Национальной академии наук Беларуси», г. Щучин, Гродненская область

E-mail: nina.xox@mail.ru

ВЛИЯНИЕ НЕКОРНЕВЫХ ПОДКОРМОК МИКРОУДОБРЕНИЯМИ МАРКИ АГРОНАН НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО КАРТОФЕЛЯ

РЕЗЮМЕ

В статье представлены результаты исследований по эффективности применения микроудобрений марки АгроНан на картофеле. Двукратная некорневая подкормка микроудобрениями АгроНан Актив, Ж и АгроНан Био, Ж способствовала росту как общей (13,7–18,9 %), так и товарной урожайности (16,8–26,0 %). Кроме того, применение данных удобрений благоприятствовало накоплению сухого вещества и крахмала в клубнях и снижению содержания нитратов в них.

Ключевые слова: картофель, урожайность, микроудобрения, некорневые подкормки, содержание, крахмал, нитраты, эффективность.

ВВЕДЕНИЕ

Картофель занимает четвертое место в мире среди продовольственных культур, его производство растет и составляет более 370 млн т [1]. Культура характеризуется большой пластичностью, адаптивностью и высокой потенциальной продуктивностью. Однако для получения высоких и стабильных урожаев картофеля хорошего качества необходимо обеспечить достаточное и сбалансированное питание. Дефицит микроэлементов в почве и недостаточное их поступление вследствие неблагоприятных погодных и почвенных условий приводят к несбалансированности корневого питания картофеля макро- и микроэлементами и, как правило, являются причиной того, что картофель не реализует свой генетический потенциал и дает урожай невысокого качества [2].

Эффективным способом внесения микроудобрений являются некорневые подкормки, которые позволяют при малых дозах микроудобрений значительно повышать коэффициент их использования. При проведении некорневой подкормки растения используют 40–100 % микроэлементов, тогда как при внесении их в почву – лишь несколько процентов, а в некоторых случаях – даже десятые доли процента внесенного в почву микроэлемента [3].

В последнее время сортимент предлагаемых микроудобрений для возделывания картофеля постоянно пополняется новыми продуктами, поэтому изучение их влияния на урожайность и качество клубней является важным направлением исследований. К таким продуктам относятся созданные компанией ООО «Аргентум Групп» в последнее время микроудобрения АгроНан Био и АгроНан Актив. АгроНан – это современный комплекс микроэлементов, состоящий из 20 активных компонентов, содержащих микро- и ультрамикроэлементы, хелатированные природными органическими кислотами. Все составляющие микроудобрений этой марки участвуют в фотосинтезе, дыхании, окислительно-восстановительных процессах, ферментативной деятельности,

нуклеиновом и белковом обмене, синтезе витаминов, регуляторов роста, проявляют себя активаторами, ускоряют биохимические и физиологические процессы.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Исследования по определению эффективности удобрений марки АгроНан на картофеле проводились в 2019–2020 гг. на опытном поле РУП «Гродненский зональный институт растениеводства Национальной академии наук Беларуси» путем постановки полевого мелкочаечного опыта. Почва опытного участка дерново-подзолистая супесчаная, подстилаемая мореным суглинком с глубины 0,7 м. Агрохимическая характеристика пахотного слоя почвы: рН – 4,8, содержание подвижного фосфора – 352–364 мг/кг, обменного калия – 163–205, Са – 552–813, S – 5,4–7,4, Mg – 78–127, В – 0,36–0,38, Cu – 0,7–1,0, Zn – 1,9–2,1, Mn – 2,3–4,0 мг/кг почвы, гумуса – 1,10–1,38 %. Предшественник – озимые зерновые. Эффективность микроудобрений изучалась на среднераннем сорте Манифест.

Минеральные удобрения вносились из расчета 55 кг д. в/га фосфора (суперфосфат), 240 – калия (хлористый калий) и 120 кг д. в/га азота, в том числе 80 кг д. в/га (сульфат аммония в основное внесение) + 40 кг д. в/га (карбамид в подкормку при высоте растений 15–20 см).

Химпрополка осуществлялась до всходов культуры гербицидом почвенного действия Зенкор Ультра (1,0 л/га). Кратность обработок против болезней определялась фитопатологической обстановкой на опытном поле. Так, в 2019 г. при неблагоприятных для развития фитофтороза условиях проведено три фунгицидные обработки: Ридомил Голд МЦ (2,5 кг/га); Инфинито (1,4 л/га); Ревус Топ (0,6 л/га), в 2020 г. – четыре опрыскивания, аналогичный 2019 г. список применяемых средств защиты дополнен фунгицидом Ширма (0,4 л/га). При превышении пороговой численности вредителя против колорадского жука применяли инсектицид Актара (0,08 кг/га).

Объект исследования: микроудобрения АгроНан Актив, Ж и АгроНан Био, Ж. В качестве эталона использовался Наноплант, Ж. Некорневая подкормка микроудобрениями осуществлялась 2-кратно (1-я – фаза бутонизации; 2-я – цветение) в следующих нормах: Наноплант, Ж – 100 + 100 мл/га; АгроНан Актив, Ж и АгроНан Био, Ж – 175 + 175 мл/га. В контрольном варианте некорневые подкормки не проводились. Исследования осуществлялись в соответствии с общепринятыми методиками. Учетная площадь делянки – 25,2 м². Повторность – 4-кратная.

Погодные условия в годы исследований отличались температурным и водным режимами. Однако общей особенностью вегетационных сезонов 2019 и 2020 гг. следует отметить крайне неравномерное распределение осадков, что сказалось на формировании урожая. Для среднераннего сорта Манифест более благоприятным оказался 2019 г., когда основной период засухи пришелся на июнь. Средняя температура воздуха в июне превышала климатическую норму на 5,5 °С, а количество осадков составило 39,5 мм, что практически в два раза ниже нормы. Такие погодные условия отрицательно сказались на формировании вегетативной массы растений, но в период активного роста клубней (июль, начало августа) относительно умеренные температуры воздуха и ливневые дожди способствовали формированию достаточно высокого урожая.

Вегетационный период 2020 г. отличался благоприятными погодными условиями в начале вегетации, что позволило растениям сформировать мощную вегетативную массу, при этом было отмечено интенсивное клубнеобразование. По данным учетов, проведенных на опытном поле Института, количество клубней из расчета на одно растение у сорта Манифест превысило уровень 2019 г. на 8 шт. Однако засуха, начавшаяся

РАЗДЕЛ 4. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА, ПЕРЕРАБОТКИ И ХРАНЕНИЯ КАРТОФЕЛЯ

уже в начале июля, негативно сказалась на их росте. Урожайность сорта Манifest по состоянию на 10 июля оказалась ниже уровня предыдущего года на 15 % (результаты пробной копки, проводимой на опытном поле Института). Продолжившаяся в первой декаде августа засуха при температуре воздуха выше средней многолетней привела к потере вегетативной массы растений и отрицательно сказалась на накоплении урожая.

Учет урожая, определение товарности, содержания крахмала в клубнях проводились согласно Методике экологического сортоиспытания РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству» [4].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для определения эффективности изучаемых удобрений оценивались такие показатели, как общая и товарная урожайность, содержание сухого вещества, крахмала и нитратов в клубнях картофеля.

Учет урожая показал, что общая и товарная урожайность изменялись по вариантам опыта. В 2019 г. в зависимости от варианта продуктивность находилась в интервале 31,7–38,3 т/га, в 2020 г. – 29,7–34,6 т/га, при этом товарная урожайность составила 27,9–35,2 и 22,1–27,7 т/га соответственно (табл. 1).

Некорневые подкормки микроудобрениями марки АгроНан в 2019 г. способствовали росту общей урожайности на 15,5–20,9 %, товарной – на 17,2–26,2 %. Эффективность их в 2020 г. была несколько иной. Общая урожайность в указанных вариантах выросла на 11,5–16,5 %, товарная – на 15,9–25,4 %.

Анализ показателей в среднем за годы исследований свидетельствует, что общая урожайность в зависимости от варианта опыта находилась в пределах 30,7–36,5 т/га, товарная – 25,0–31,5 т/га. Двукратные некорневые подкормки микроэлементами способствовали существенному увеличению как общего, так и товарного урожая. Внесение микроудобрения АгроНан Актив обеспечило получение общей урожайности на уровне 36,5 т/га, товарной – 31,5 т/га клубней, что превысило данные показатели в варианте с микроудобрением Наноплант, Ж на 3,6 и 4,4 т/га соответственно. По сравнению с контрольным вариантом оба показателя выросли на 18,9 и 26,0 % соответственно.

Двукратное применение АгроНан Био во время вегетации способствовало росту общей урожайности в сравнении с эталоном на 2,0 т/га, товарной – на 2,1 т/га. Прибавка

Таблица 1 – Хозяйственная эффективность удобрений марки АгроНан на картофеле (полевой мелкоделяночный опыт)

Вариант	Урожайность, т/га							
	общая				товарная			
	2019 г.	2020 г.	среднее	± к контролю	2019 г.	2020 г.	среднее	± к контролю
Контроль – без микроудобрений	31,7	29,7	30,7	–	27,9	22,1	25,0	–
Эталон – Наноплант, Ж	33,1	32,6	32,9	+2,2	29,8	24,4	27,1	+2,1
АгроНан Актив, Ж	38,3	34,6	36,5	+5,8	35,2	27,7	31,5	+6,5
АгроНан Био, Ж	36,6	33,1	34,9	+4,2	32,7	25,6	29,2	+4,2
НСР ₀₅	2,24	2,61	1,73	–	2,02	2,13	1,48	–

РАЗДЕЛ 4. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА, ПЕРЕРАБОТКИ И ХРАНЕНИЯ КАРТОФЕЛЯ

по отношению к варианту без внесения микроэлементов составила 4,2 т/га, при этом общий урожай вырос на 13,7 %, товарный – на 16,8 %.

Анализ содержания сухого вещества в клубнях показал, что при применении микроудобрений марки АгроНан данный показатель составил 20,9–21,4 %, что превысило контрольный вариант на 0,7–1,2 %, эталонный – на 0,2–0,7 % (табл. 2). Максимальное значение данного показателя в варианте с некорневой подкормкой микроудобрением АгроНан Актив.

Аналогичная тенденция наблюдалась и по крахмалистости клубней: 2-кратные некорневые подкормки способствовали росту данного показателя на 0,7–1,2 % по сравнению с контрольным вариантом и на 0,3–0,8 % по отношению к эталону.

Полученные данные по содержанию нитратов показали, что в зависимости от вариантов опыта данный показатель находился на уровне 122–153 мг/кг и не превышал ПДК (предельно допустимая концентрация 250 мг/кг продукта). Однако следует отметить, что некорневые подкормки изучаемыми микроудобрениями, как и эталонным Наноплант, повлияли на накопление нитратов, снизив их концентрацию на 44–75 мг/кг по сравнению с применением стандартных минеральных удобрений (контроль). При этом наименьшее значение данного показателя было 122 мг/кг в варианте с некорневой подкормкой АгроНан Био.

Таблица 2 – Влияние удобрений марки АгроНан на биохимические показатели клубней картофеля (полевой мелкоделяночный опыт, среднее за 2019–2020 гг.)

Вариант	Содержание					
	сухого вещества, %		крахмала, %		нитратов, мг/кг	
	всего	± к контролю	всего	± к контролю	всего	± к контролю
Контроль – без микроудобрений	20,2	–	14,4	–	197	–
Эталон – Наноплант, Ж	20,7	+0,5	14,8	+0,4	133	–64
АгроНан Актив, Ж	21,4	+1,2	15,6	+1,2	153	–44
АгроНан Био, Ж	20,9	+0,7	15,1	+0,7	122	–75

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, некорневая подкормка микроудобрениями АгроНан Актив, Ж и АгроНан Био, Ж последовательно в фазу бутонизации, затем в фазу цветения способствовала росту как общей (13,7–18,9 %), так и товарной урожайности (16,8–26,0 %). Кроме того, применение данных удобрений способствовало накоплению сухого вещества и крахмала в клубнях и снижало содержание нитратов в них.

По результатам исследований микроудобрения АгроНан Актив, Ж и АгроНан Био, Ж рекомендованы для включения в Государственный реестр средств защиты растений и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь для 2-кратной некорневой подкормки картофеля в норме 175 мл/га.

Список литературы

1. World Potato Statistics. The potato sector (FAOSTAT, 2019) [Electronic resource]. – Mode of access: <http://www.potatopro.com/world/potato-statistics>. – Date of access: 06.12.2021.

2. Применение новых комплексных гуминовых удобрений при выращивании продовольственного картофеля / Д. Д. Фицура [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. 27. – С. 159–166.

3. Богдевич, И. М. Некорневые подкормки сельскохозяйственных культур марганцем / И. М. Богдевич, М. В. Рак, Г. М. Сафроновская // Междунар. аграр. журн. – 2001. – № 5. – С. 17.

4. Методика экологического сортоиспытания : рекомендации / Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству. – Самохваловичи, 2019. – 10 с.

Поступила в редакцию 26.10.2021 г.

N. A. KHOH, L. S. RUTKOVSKAYA, M. O. ROVNAYA

INFLUENCE OF FOLIAGE SPRAYING WITH MICRO-FERTILIZERS OF THE AGRONAN BRAND ON POTATO YIELD AND QUALITY

SUMMARY

The article presents the research results on the effectiveness of the AgroNan micro-fertilizers on potatoes. Double foliage spraying of micro-fertilizers AgroNan Active, L and AgroNan Bio, L contributed to the growth of both total (13.7–18.9 %) and commercial yields (16.8–26.0 %). In addition, the use of these fertilizers contributed to the accumulation of dry matter and starch in tubers and a decrease in the nitrate content.

Key words: potatoes, yield, micro-fertilizers, foliage spraying, content, starch, nitrates, effectiveness.

РАЗДЕЛ 5

СЕМЕНОВОДСТВО КАРТОФЕЛЯ

УДК 635.21:631.532.2.02:631.544.4

<https://doi.org/10.47612/0134-9740-2021-29-161-170>

В. В. Анципович, Н. А. Анципович, А. И. Попкович, О. И. Бобкова
РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук
Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству»,
аг. Самохваловичи, Минский район
E-mail: semena_bulba@tut.by

ВЫХОД КЛУБНЕЙ ПЕРВОГО КЛУБНЕВОГО ПОКОЛЕНИЯ КАРТОФЕЛЯ В СООРУЖЕНИЯХ ЗАЩИЩЕННОГО ГРУНТА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СХЕМАХ ПОСАДКИ И ПРИМЕНЕНИИ МИКРОУДОБРЕНИЙ

РЕЗЮМЕ

Изучено влияние некорневых подкормок микроудобрениями при различных способах посадки растений картофеля на их урожайные свойства в сооружениях защищенного грунта. Представлена агрономическая эффективность примененных микроудобрений при получении первого клубневого поколения картофеля сортов различных групп спелости.

Ключевые слова: картофель, сорт, защищенный грунт, мини-клубни картофеля, Наноплант Со, Мп, Су, Фе, КомплеМет, Лифдрип Универсал, Лифдрип Бор, Нутривант Плюс, микроэлементы, Беларусь.

ВВЕДЕНИЕ

Выращивание мини-клубней обычно проводится в сооружениях защищенного грунта в горшках, на стеллажах либо на насыпном грунте с единовременной уборкой урожая в конце вегетации. Традиционные подходы ориентированы на получение наибольшего выхода клубней с квадратного метра теплиц за счет максимальной густоты посадок. При этом сбор клубней в расчете на одно растение невелик (обычно 3–5, очень редко 8 шт.). При высоких затратах посадочного материала (безвирусных микро-растений) сбор клубней даже в лучших случаях не превышает 70–100 шт/м² [1–4].

Повышение эффективности технологии получения мини-клубней картофеля и сохранение эффекта оздоровления является чрезвычайно актуальной задачей. Поэтому, наряду с традиционной, необходимо использование современных инновационных технологий, способствующих повышению эффективности семеноводства картофеля [5, 6].

В настоящее время для достижения максимальной биологической и хозяйственной эффективности производства картофеля особое значение приобретают полифункциональные химические препараты, сочетающие питательные, защитные и регуляторные свойства – комплексные микроудобрения. Использование подобных препаратов для некорневой обработки вегетирующих растений картофеля позволяет сократить кратность защитных мероприятий и объем применяемых препаратов, дать растениям полноценное питание в периоды высоких стрессов и восполнить нехватку микроэлементов [7, 8].

Целью исследований являлась оценка эффективности влияния некорневых подкормок микроудобрениями и способов возделывания на продуктивность растений картофеля в сооружениях защищенного грунта.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Исследования проводили в 2015–2017 гг. в сооружениях защищенного грунта ОПО «Николка» Узденского района РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству».

Опыт проводился на растениях картофеля сортов МанIFEST (среднеранней группы спелости), Скарб (среднеспелый) и Вектар (среднепоздний). Оценивалась эффективность удобрений Наноплант Со, Мп, Сu, Fe в дозе 0,1 л/га, КомплеМет – картофель – 2,5 л/га, последовательная обработка Лифдрип Универсал и Лифдрип Бор – 4 кг/га и Нутривант Плюс картофельный – 2 кг/га при следующих способах посадки растений:

- 1) ширина междурядий 33 см без гребня;
- 2) ширина междурядий 45 см без гребня;
- 3) ширина междурядий 45 см с гребнем.

Обработка проводилась ранцевым опрыскивателем, первая – при высоте растений 15–20 см, вторая – в фазу бутонизации – начала бутонизации.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Результаты, полученные за период проведения исследований, показали, что наибольший эффект от использования микроудобрений в виде увеличения коэффициента размножения был получен при 2-кратной обработке препаратом Нутривант Плюс картофельный при ширине междурядий 45 см с формированием гребня 3,8–4,3 см, что превышало контроль на 37,0–59,3 % соответственно. Также отмечено превышение показателя вариантов с применением других микроудобрений на 10,3–13,1 % (рис. 1).

Оценка эффективности использования изучаемых факторов с точки зрения количества клубней с м² показала, что формирование гребня при ширине междурядий 45 см обеспечило увеличение количества клубней до 109,5 шт/м², что на 14,4–16,3 шт. больше, чем при безгребневой посадке (рис. 2).

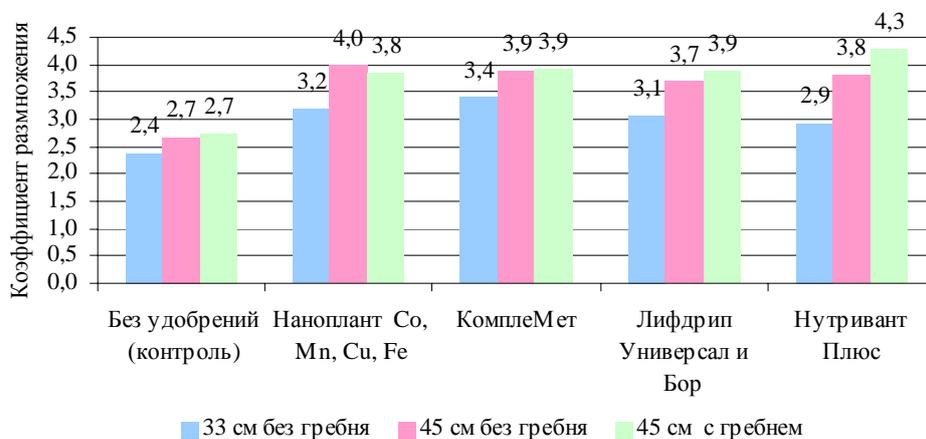


Рисунок 1 – Коэффициент размножения в зависимости от способа посадки и использованных микроудобрений

РАЗДЕЛ 5. СЕМЕНОВОДСТВО КАРТОФЕЛЯ

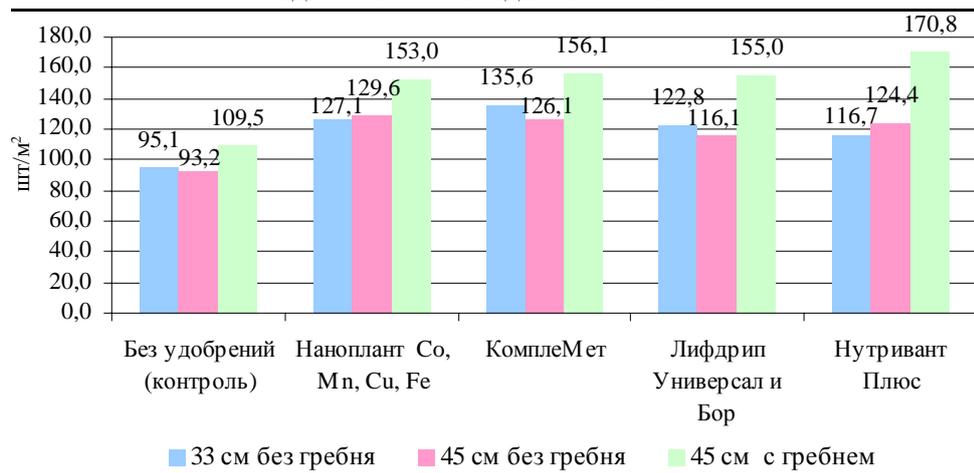


Рисунок 2 – Количество клубней в зависимости от способа посадки и использованных микроудобрений, шт/м²

Применение микроудобрений, независимо от их марки, обеспечило увеличение количества клубней с м² до 116,1–170,8 шт. в зависимости от способа посадки и примененной обработки. Наиболее эффективным микроудобрением при ширине междурядий 33 см без гребня оказался КомплеМет – картофель, применение которого позволило получить на 32,6 % больше клубней, чем в контрольном варианте. При увеличении ширины междурядий без гребня растения картофеля в большей степени отреагировали на применение удобрения Наноплант Со, Мп, Cu, Fe: было получено на 39,0 % клубней больше по отношению к контролю. Максимальное количество клубней с м², независимо от использованного удобрения, было в вариантах с формированием гребня. Наибольшее количество клубней сформировалось при обработке растений препаратом Нутривант Плюс картофельный – 170,8 шт., что на 56,0 % превысило контрольный вариант и на 9,4–11,6 % варианты с другими микроудобрениями.

Для оценки эффективности каждого отдельно взятого мероприятия и влияния взаимодействия изучаемых факторов на показатели урожайности первого клубневого поколения была определена доля влияния фактора по итогам дисперсионного анализа данных. Результаты показали, что различия в урожайности клубней на 38,4 % обусловлены воздействием фактора «сорт» и на 20,3 % – фактором «удобрения». Фактор «технология» также имеет большое значение в формировании изучаемых показателей урожая – 10,5 %. Взаимодействие факторов «сорт*технология*удобрение» оказало наиболее существенное влияние в сравнении с остальными формами взаимодействия факторов (9,1 %) (рис. 3).

Реакция растений картофеля на применение микроудобрений в немалой степени зависит от группы спелости сорта и агротехнических мероприятий, направленных на увеличение урожайности. Так, сорт Манифест оказался наиболее отзывчивым на применение микроудобрений, коэффициент размножения растений данного сорта, без учета марки удобрений для обработок и способа посадки, превышал показатель сорта Скарб на 31,3 %, сорта Вектар – на 44,8 %.

Увеличение ширины междурядий с 33 до 45 см и формирование гребня, без учета примененных микроудобрений, увеличило коэффициент размножения растений сорта Манифест в 1,1–1,3 раза по сравнению с остальными вариантами, у сорта Скарб – в 1,2, у сорта Вектар – в 1,3 раза.

РАЗДЕЛ 5. СЕМЕНОВОДСТВО КАРТОФЕЛЯ

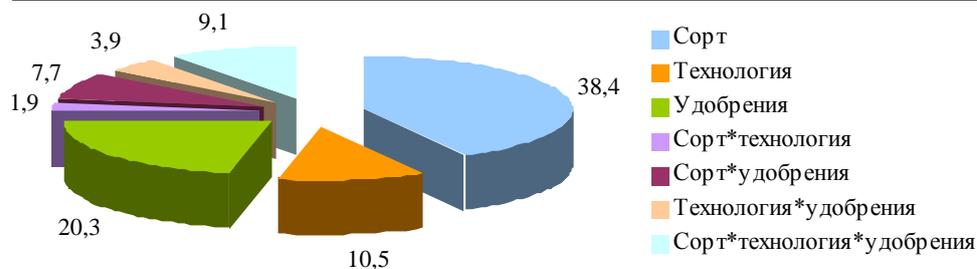


Рисунок 3 – Вклад изучаемых факторов в формирование показателей урожайности, 2015–2017 гг.

Применение микроудобрений на фоне различных способов посадки показало, насколько неодинаково сорта реагируют на применение изучаемых мероприятий.

При оценке эффективности взаимодействия всех факторов установлено, что наиболее результативным оказалось применение микроудобрений Нутривант Плюс и Наноплант Со, Мп, Сu, Fe на растениях сорта Манифест, высаженных при ширине междурядий 45 см с гребнем. Коэффициент размножения в этих вариантах составил 5,0–5,4 (рис. 4). Сорт Скарб отреагировал на применение Нутриванта Плюс увеличением изучаемого показателя в 1,5 раза к контролю у растений, высаженных на ширину междурядий 45 см без гребня, и на применение Нанопланта Со, Мп, Сu, Fe при такой площади питания, но наличие гребня не имело значения – коэффициент вырос в 1,4 раза. Для растений сорта Вектар при обработке препаратом КомплеМет предпочтительнее схема посадки с междурядьями 45 см, наличие гребня не оказало влияния на формирование показателя. Превышение контроля составило 40,0–56,5 % соответственно.

Сравнение данных о количестве сформировавшихся клубней при различных способах посадки без учета применения удобрений (контроль) показало, что увеличение ширины междурядий с 33 до 45 см для растений сорта Манифест способствовало росту показателя на 16,7 шт. (17,1 %), при формировании гребня – на 9,6 шт. (8,4 %) по отношению к посадке без гребня и на 26,3 шт. (27,0 %) по отношению к варианту с шириной 33 см (рис. 5). У сорта Скарб соответствующее увеличение ширины междурядий позволило получить рост количества клубней на 11,2 шт. (19,2 %), 9,4 (9,0) и 20,6 шт. (22,2 %) соответственно. Растения сорта Вектар отрицательно отреагировали на формирование гребня при ширине междурядий 45 см: по отношению к безгребневой посадке количество клубней снизилось на 10,5 шт. (10,3 %), а по отношению к варианту с шириной междурядий 33 см – 3,9 шт. (4,1 %).

Применение микроудобрений обеспечило резкое увеличение количества клубней с единицы площади. Наибольший количественный выход клубней с м² был получен у сорта Манифест в вариантах с междурядьями 45 см с гребнем при обработке растений микроудобрениями Нутривант Плюс – 214,2 клубня, Наноплант Со, Мп, Сu, Fe – 199,2, Лифдрип Универсал и Бор – 193,1 и КомплеМет – 192,5 клубня. При использовании препаратов Наноплант Со, Мп, Сu, Fe и Лифдрип Универсал и Бор наличие гребня перестает оказывать влияние на формирование количества клубней. Важно отметить, что использование КомплеМет обеспечивает получение равного количества клубней с единицы площади независимо от ширины междурядий (33 и 45 см) – 179,6–180,9 шт., что превышает контроль на 84,6 и 58,7 % соответственно.

Наиболее эффективным микроудобрением по количеству клубней с единицы площади при обработке растений сорта Скарб оказался Нутривант Плюс при схеме

РАЗДЕЛ 5. СЕМЕНОВОДСТВО КАРТОФЕЛЯ

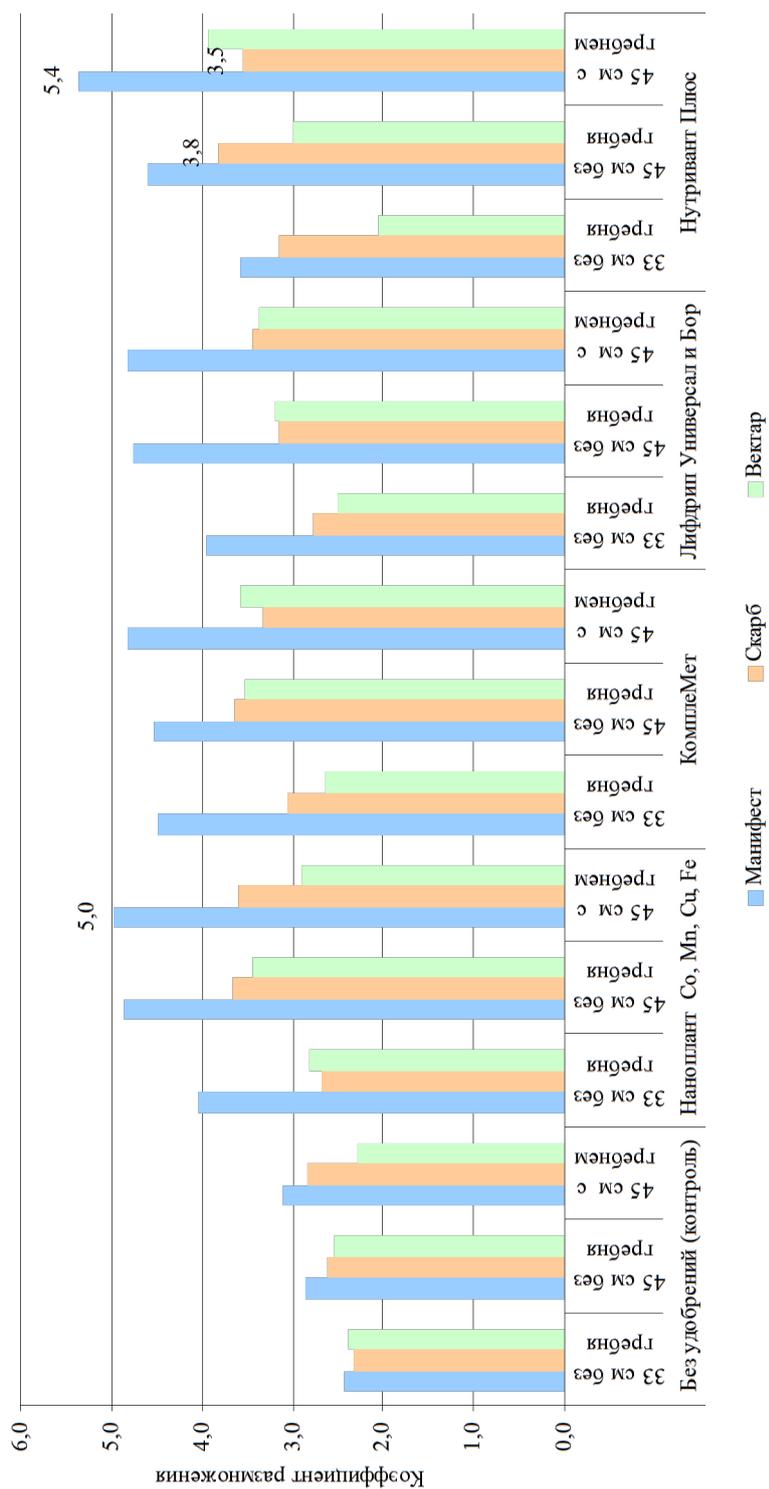


Рисунок 4 – Коэффициент размножения сортов Манифест, Скарб, Вектар в зависимости от способа посадки и использованных микроудобрений

РАЗДЕЛ 5. СЕМЕНОВОДСТВО КАРТОФЕЛЯ

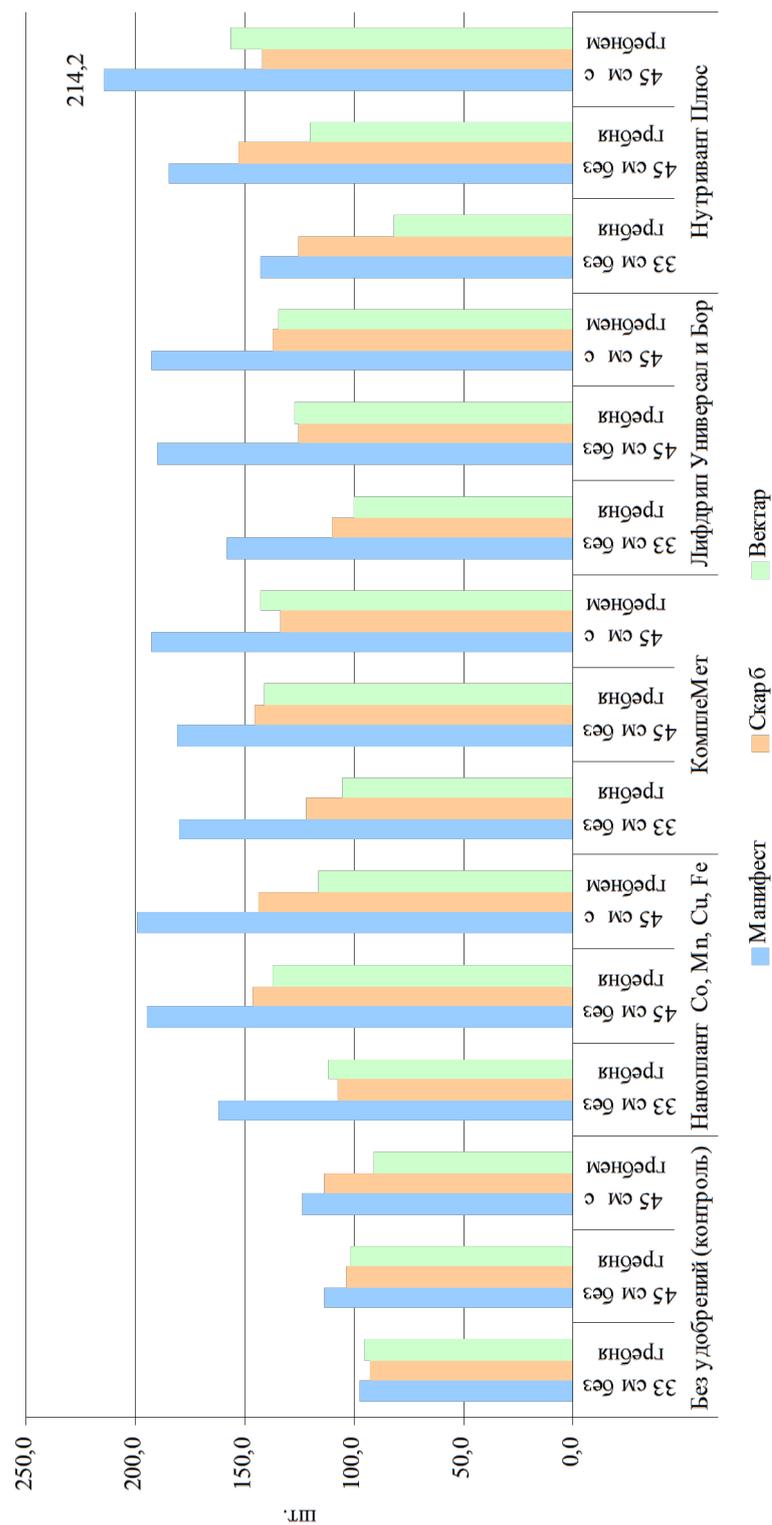


Рисунок 5 – Количественный выход клубней картофеля сортов Манifest, Скарб, Вектар в зависимости от способов посадки и применяемых микроудобрений, шт.

РАЗДЕЛ 5. СЕМЕНОВОДСТВО КАРТОФЕЛЯ

посадки 45 см без гребня – 153,0 шт., что на 48,9 клубня (32,0 %) превышает контроль. В вариантах с обработкой препаратами КомплеМет и Наноплант Со, Мп, Сu, Fe формирование гребня при ширине междурядий 45 см привело к снижению количества клубней по отношению к безгребневой посадке, в то время как при отсутствии гребня превышение контроля составило 41,0 (39,4 %) и 42,2 (40,5 %) клубня.

Растения сорта Вектар, высаженные с междурядьями 45 см с гребнем, отреагировали на применение микроудобрения Нутривант Плюс превышением количества клубней контрольного варианта на 65,4 шт. (71,6 %), вариантов с остальными обработками – на 9,8–35,0 % (в пределах фактора «способ посадки») и на 30,9–91,6 % (в пределах фактора «микроудобрение»).

Для определения агрономической эффективности изучаемых микроудобрений нами была рассчитана окупаемость 1 кг (л) микроудобрений количеством клубней первого клубневого поколения. Результаты показали, что наиболее эффективным для обработки растений картофеля сорта Манифест оказалось применение Нутривант Плюс. При его использовании во всех вариантах окупаемость 1 кг данного микроудобрения составила более 100 тыс. клубней, а в варианте с гребневой широкорядной посадкой – 226 458 шт. Обработка препаратом КомплеМет окупила количеством 133 833–164 667 шт. клубней при ширине междурядий 45 см независимо от наличия гребня. Стоит отметить, что взаимодействие узкорядной технологии с использованием КомплеМета обеспечило самую высокую в пределах фактора «удобрение» окупаемость 1 кг удобрения – 164 667 шт. клубней. Высокая окупаемость микроудобрения Наноплант Со, Мп, Сu, Fe (160 500 шт. клубней) отмечена в варианте с шириной междурядий 45 см без гребня (табл. 1).

У сорта Скарб окупаемость 1 кг удобрений количеством клубней первого клубневого поколения несколько отличалась от показателей Манифеста. Наибольшая окупаемость была получена в вариантах с шириной междурядий 45 см без гребня при обработке растений Нутривантом Плюс – 122 292 шт./кг. Не менее значимые для сорта Скарб показатели (более 80 тыс. шт.) были получены в вариантах с безгребневой

Таблица 1 – Влияние микроудобрений на количество клубней первого клубневого поколения сорта Манифест

Ширина междурядий, см	Удобрения	Всего, шт/м ²	Прибавка к контролю		Окупаемость 1 кг/л удобрений клубнями, шт.
			шт/м ²	%	
33 без гребня	Без удобрений	97,3	–	–	–
	Наноплант Со, Мп, Сu, Fe	161,9	64,7	66,5	129 333
	КомплеМет	179,6	82,3	84,7	164 667
	Лифдрип Универсал и Бор	157,8	60,5	62,2	75 625
	Нутривант Плюс	142,6	45,3	46,6	113 333
45 без гребня	Без удобрений	114,0	–	–	–
	Наноплант Со, Мп, Сu, Fe	194,3	80,3	70,4	160 500
	КомплеМет	180,9	66,9	58,7	133 833
	Лифдрип Универсал и Бор	189,8	75,8	66,5	94 792
	Нутривант Плюс	184,2	70,2	61,5	175 417
45 с гребнем	Без удобрений	123,6	–	–	–
	Наноплант Со, Мп, Сu, Fe	199,2	75,6	61,2	151 167
	КомплеМет	192,5	68,9	55,8	137 833
	Лифдрип Универсал и Бор	193,1	69,5	56,2	86 875
	Нутривант Плюс	214,2	90,6	73,3	226 458

РАЗДЕЛ 5. СЕМЕНОВОДСТВО КАРТОФЕЛЯ

технологией с шириной междурядий 45 см с обработкой препаратом КомплеМет – 82 000 шт/кг и Наноплант Со, Мп, Су, Fe – 84 333 клубней на норму применения удобрения (табл. 2).

У сорта Вектар агрономически более эффективными оказались КомплеМет и Нутривант Плюс. Максимальное количество клубней на 1 кг удобрений не только внутри сорта Вектар, но и по отношению к остальным сортам картофеля было получено в варианте с шириной междурядий 45 см с гребнем, при применении Нутриванта Плюс – 326 667 шт/кг. Также высокая окупаемость удобрения была получена при применении КомплеМета в варианте с шириной междурядий 45 см с гребнем – 102 667 шт/кг удобрения (табл. 3).

Таблица 2 – Влияние микроудобрений на количество клубней первого клубневого поколения сорта Скарб

Ширина междурядий, см	Удобрения	Всего, шт/м ²	Прибавка к контролю		Окупаемость 1 кг/л удобрений клубнями, шт.
			шт/м ²	%	
33 без гребня	Без удобрений	92,9	–	–	–
	Наноплант Со, Мп, Су, Fe	107,3	14,4	15,5	28 833
	КомплеМет	122,0	29,1	31,3	58 167
	Лифдрип Универсал и Бор	110,3	17,3	18,7	21 667
	Нутривант Плюс	125,8	32,8	35,3	82 083
45 без гребня	Без удобрений	104,1	–	–	–
	Наноплант Со, Мп, Су, Fe	146,3	42,2	40,5	84 333
	КомплеМет	145,1	41,0	39,4	82 000
	Лифдрип Универсал и Бор	125,8	21,8	20,9	27 188
	Нутривант Плюс	153,0	48,9	47,0	122 292
45 с гребнем	Без удобрений	113,5	–	–	–
	Наноплант Со, Мп, Су, Fe	143,8	30,3	26,7	60 667
	КомплеМет	133,3	19,8	17,4	39 500
	Лифдрип Универсал и Бор	137,0	23,5	20,7	29 375
	Нутривант Плюс	141,6	28,1	24,7	70 208

Таблица 3 – Влияние микроудобрений на количество клубней первого клубневого поколения сорта Вектар

Ширина междурядий, см	Удобрения	Всего, шт/м ²	Прибавка к контролю		Окупаемость 1 кг/л удобрений клубнями, шт.
			шт/м ²	%	
33 без гребня	Без удобрений	95,2	–	–	–
	Наноплант Со, Мп, Су, Fe	112,1	16,9	17,8	16 917
	КомплеМет	105,3	10,2	10,7	20 333
	Лифдрип Универсал и Бор	100,3	5,2	5,4	7 381
	Нутривант Плюс	81,8	-13,3	-14,0	–
45 без гребня	Без удобрений	101,8	–	–	–
	Наноплант Со, Мп, Су, Fe	137,2	35,3	34,7	35 333
	КомплеМет	141,3	39,4	38,7	78 833
	Лифдрип Универсал и Бор	127,2	25,3	24,9	36 190
	Нутривант Плюс	119,7	17,8	17,5	89 167
45 с гребнем	Без удобрений	91,3	–	–	–
	Наноплант Со, Мп, Су, Fe	116,1	24,8	27,1	24 750
	КомплеМет	142,7	51,3	56,2	102 667
	Лифдрип Универсал и Бор	134,9	43,6	47,7	62 262
	Нутривант Плюс	156,7	65,3	71,5	326 667

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В накоплении урожайности первого клубневого поколения в сооружениях защищенного грунта доля влияния фактора «сорт» составила 38,4 %, фактора «удобрения» – 20,3 %. Наиболее существенную долю влияния оказало взаимодействие факторов «сорт*технология*удобрение». Следовательно, при получении первого клубневого поколения подбор технологии и густоты посадки должен предполагать получение максимального коэффициента размножения и наибольшего количественного выхода клубней для каждого сорта с учетом взаимодействия всех изученных факторов.

В зависимости от возделываемого сорта необходимо подбирать некорневые подкормки микроудобрениями, которые обеспечивают максимальную окупаемость. На сортах Манифест и Вектар наиболее агрономически эффективными оказались обработки картофеля удобрением Нутривант Плюс картофельный при посадке растений на ширину междурядий 45 см с гребнем, окупаемость 1 кг которого составила 226,5 тыс. клубней у сорта Манифест и 326,7 тыс. – у сорта Вектар. У сорта Скарб наибольшим количеством клубней на кг удобрения окупился Нутривант Плюс при ширине междурядий 45 см, но при безгребневой посадке – 122,3 тыс. клубней.

Совокупное влияние изученных факторов значительно увеличивает урожайные свойства сортов картофеля Манифест, Скарб и Вектар, тем самым повышает эффективность оригинального семеноводства в условиях защищенного грунта.

Список использованных источников

1. Агрохимия / И. Р. Вильдфлуш [и др.]. – Минск : Ураджай, 1995. – 172 с.
2. Анспок, П. И. Микроудобрения : справочник / П. И. Анспок. – Л. : Агропромиздат, 1990. – 272 с.
3. Продуктивность картофеля и применение различных систем удобрений вберегающем и биологизированном земледелии / Л. С. Федотова [и др.] // Научное обеспечение и инновационное развитие картофелеводства : материалы науч.-практ. конф. и коорд. совещания / Рос. акад. с.-х. наук, Всерос. НИИ картоф. хоз-ва ; под ред. Е. А. Симакова. – М., 2008. – Т. 2. – С. 143–150.
4. Надежкин, С. М. Урожайность и качество картофеля при использовании комплексов металлов в сочетании с другими агроприемами на торфяных почвах : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : 06.01.09 / С. М. Надежкин ; Рос. акад. с.-х. наук, НПО по картофелеводству. – М., 1992. – 23 с.
5. Головин, Ю. И. Наномир без формул / Ю. И. Головин. – М. : Бином, 2012. – 543 с.
6. Алфимова, М. М. Занимательные нанотехнологии / М. М. Алфимова. – М. : Бином, 2011. – 96 с.
7. Богдевич, И. М. Некорневые подкормки сельскохозяйственных культур марганцем / И. М. Богдевич, М. В. Рак, Г. М. Сафроновская // Междунар. аграр. журн. – 2001. – № 5. – С. 17.
8. Методика определения агрономической и экономической эффективности минеральных и органических удобрений / И. М. Богдевич [и др.] ; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2010. – 24 с.

Поступила в редакцию 15.09.2021 г.

V. V. ANTSIPOVICH, N. A. ANTSIPOVICH, A. I. POPKOVICH,
O. I. BOBKOVA

**THE YIELD OF POTATO TUBERS OF FIRST GENERATION
IN PROTECTED GROUND STRUCTURES WITH VARIOUS
PLANTING METHODS AND THE USE OF MICRO-FERTILIZERS**

SUMMARY

The article presents the study results on the effect of micro-fertilizers foliage spraying on the yield in protected ground structures using various potato planting methods. The agronomic efficiency of micro-fertilizers in the yield of the first generation of potato tubers of different ripeness groups has been presented.

Key words: potatoes, variety, protected ground, potato mini-tubers, Nanoplant Co, Mn, Cu, Fe, CompleMet, Leafdrip Universal, Leafdrip B, Nutrivant Plus, microelements, Belarus.

УДК 635. 21.631.526.32:632.934.632.4

<https://doi.org/10.47612/0134-9740-2021-29-171-177>

**Н. А. Анципович, В. В. Анципович, А. И. Попкович,
Т. В. Шамякова**

РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук
Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству»,
аг. Самохваловичи, Минский район
E-mail: semena_bulba@tut.by

СОХРАНЕНИЕ УРОЖАЙНЫХ СВОЙСТВ РАННИХ СОРТОВ КАРТОФЕЛЯ В ПРОЦЕССЕ ПОЛЕВОГО РЕПРОДУЦИРОВАНИЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РАЗМЕРА ПОСАДОЧНОГО КЛУБНЯ

РЕЗЮМЕ

В статье приведены результаты исследований по изучению влияния размера посадочного клубня в оригинальном семеноводстве картофеля на сохранение урожайных свойств сортов ранней группы спелости в процессе полевого репродуцирования. Установлено, что с увеличением фракции первого клубневого поколения с 5 до 30 мм количество клубней на одно растение увеличивается в зависимости от сорта в 1,2–1,4 раза.

Ключевые слова: картофель, сортовые особенности, первое клубневое поколение, оригинальное семеноводство.

ВВЕДЕНИЕ

Успешное развитие отрасли картофелеводства в значительной степени определяется необходимостью принятия эффективных мер, обеспечивающих существенное повышение урожайности и качества семенного картофеля. Низкое качество семенного материала – один из главных факторов, определяющих невысокий уровень урожайности картофеля. Опыт показывает, что в процессе размножения оздоровленных сортов в полевых условиях наблюдается быстрое накопление вирусной и бактериальной инфекции с каждой последующей репродукцией, что приводит к снижению продуктивности и ухудшению семенных качеств картофеля [1].

Клубни первого клубневого поколения размером 5–10 мм, полученные в сооружениях защищенного грунта, считаются более позднего физиологического срока созревания и на первых этапах жизни дают ослабленные растения, которые при неблагоприятных условиях (засуха, затяжные дожди) могут погибнуть [2, 3]. Посадки картофеля не откалиброванным семенным материалом первого клубневого поколения не выровнены, что затрудняет соблюдение технологии производства семенного картофеля, но в то же время современный шлейф посадочных машин позволяет высаживать клубни различных семенных фракций [2].

Целью наших исследований являлась оценка зависимости посевных и урожайных свойств картофеля сортов ранней группы спелости от размера семенного клубня и глубины посадки.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Исследования проводили на опытном поле отдела семеноводства РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по картофелеводству и

плодоовощеводству» в 2013–2017 гг. Почва опытного участка дерново-подзолистая среднесуглинистая, характеризующаяся следующими показателями: содержание гумуса – 2,6 %, фосфора – 18,8–22,9 мг/100 г почвы, калия 29,9–33,2 мг/100 г почвы, рН – 5,78. Предшественники – озимый рапс. Минеральные удобрения – $N_{80} P_{90} K_{110-120}$.

Объектом исследований служили клубни сортов картофеля ранней группы спелости Зорачка, Лилея, Уладар. В схему опыта были включены в качестве контроля клубни картофеля, не разделенные на фракции по размеру (5–30 мм и более), высаженные на глубину 6–8 см.

Размер посадочного клубня:

1. 5–10 мм.
2. 10–20 мм.
3. 20–30 мм.
4. 30 мм и более.

Глубина посадки:

1. 6–8 см.
2. 8–10 см.

В проводимых исследованиях изучали влияние размера посадочных клубней первого клубневого поколения, полученного в защищенном грунте, на полевую всхожесть, формирование основных урожайных показателей.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Данные, полученные по итогам проведения биометрических наблюдений, позволили установить влияние размера посадочных клубней первого клубневого поколения на полевую всхожесть, формирование продуктивных стеблей на одно растение и продуктивность.

Анализ результатов за весь период наблюдений без учета сортовой принадлежности клубней показал, что глубина посадки оказала неоднозначное влияние на всхожесть. Как и следовало ожидать, количество взошедших растений в вариантах с клубнями диаметром 5–10 мм было ниже контроля на 3,8–11,4 % в зависимости от глубины посадки. При мелкой посадке возшло на 7,6 % меньше клубней, чем в варианте с глубиной посадки 6–8 см (рис. 1).

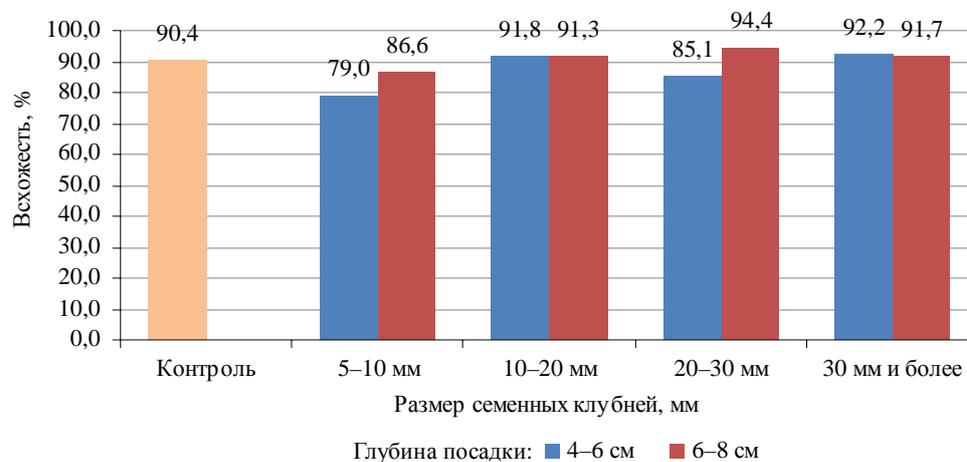


Рисунок 1 – Всхожесть клубней картофеля первого клубневого поколения при различной глубине посадки, 2013–2017 гг.

РАЗДЕЛ 5. СЕМЕНОВОДСТВО КАРТОФЕЛЯ

Оценка всхожести клубней картофеля в разрезе сортов показала, что у сорта Зорачка при мелкой посадке (4–6 см), независимо от размера клубней, она была больше на 2,2–6,5 % в сравнении с глубиной посадки 6–8 см. Кроме этого, посадка на глубину 4–6 см клубней размером 5–10 мм обеспечила наименьшую отрицательную разницу с контролем – 1,7 % в сравнении с остальными сортами (рис. 2).

Растения сорта Лилея показали большую отзывчивость на глубокую заделку: при посадке клубней размером 5–10 мм разница во всходах между вариантами с разной глубиной посадки составляла 5,0 %, в вариантах с клубнями 20–30 мм, 30 и более – 2,7–6,5 %. По отношению к контролю в вариантах с клубнями от 10 мм и более значительной разницы не установлено (рис. 3).

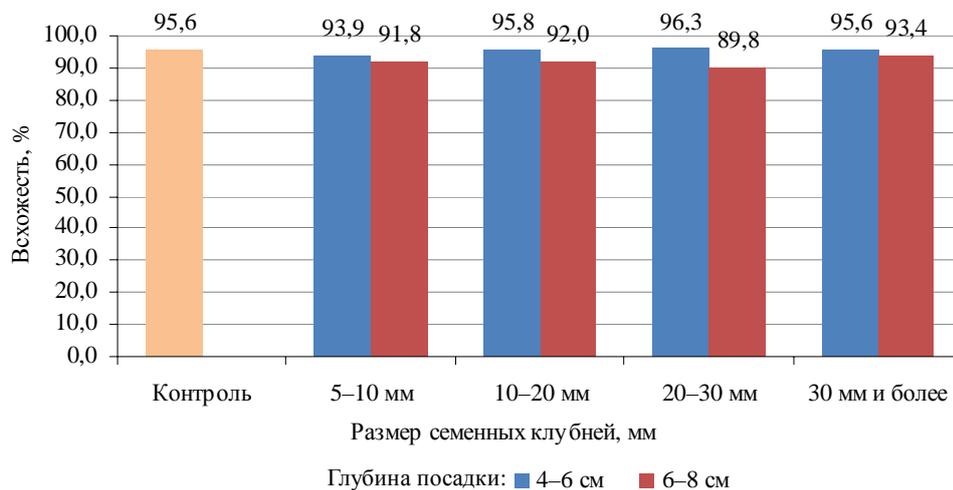


Рисунок 2 – Всхожесть клубней сорта Зорачка в зависимости от размера семенных клубней первого клубневого поколения и глубины посадки

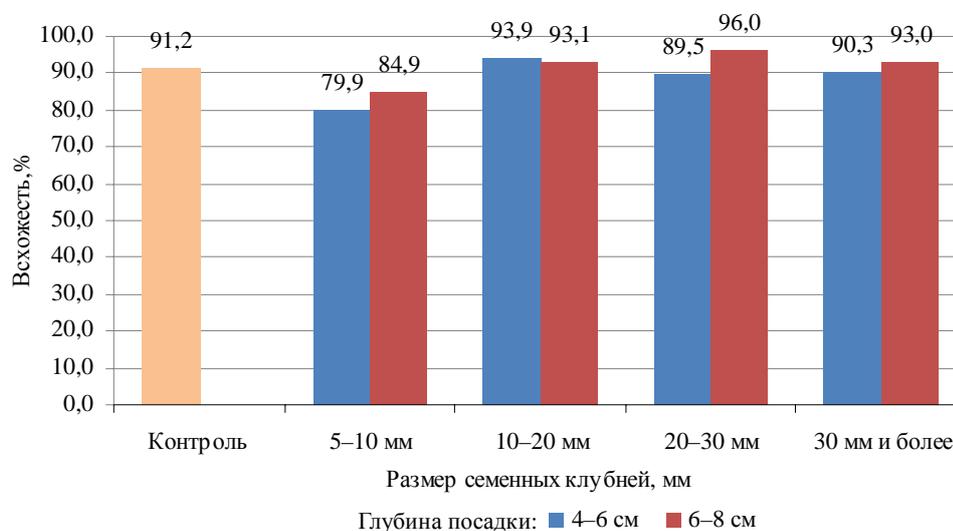


Рисунок 3 – Всхожесть клубней сорта Лилея в зависимости от размера семенных клубней первого клубневого поколения и глубины посадки

РАЗДЕЛ 5. СЕМЕНОВОДСТВО КАРТОФЕЛЯ

Анализ среднестатистических данных за весь период исследований позволил выявить следующее: у всех изучаемых сортов есть варианты, положительно отзывающиеся на мелкую глубину посадки клубней. Так, у сортов Зорачка и Уладар такими вариантами оказались клубни размером от 30 мм и крупнее. Более мелкие клубни (10–20 мм) сортов Лилея, Уладар всходили практически одинаково, независимо от глубины посадки. Разница в количестве взошедших растений находилась в пределах 0,7–0,8 % (рис. 4).

При оценке влияния изучаемых факторов на количество продуктивных стеблей отмечено, что более значимое влияние на данный показатель оказал размер посадочных клубней. Независимо от глубины посадки, без учета сортовой принадлежности, в вариантах с использованием посадочных клубней 30 мм и более в поперечном диаметре, отмечено превышение контроля на 30,0–42,5 %. При глубине посадки 4–6 см сформировалось на 9,6 % больше продуктивных стеблей, чем при более глубокой посадке (рис. 5).

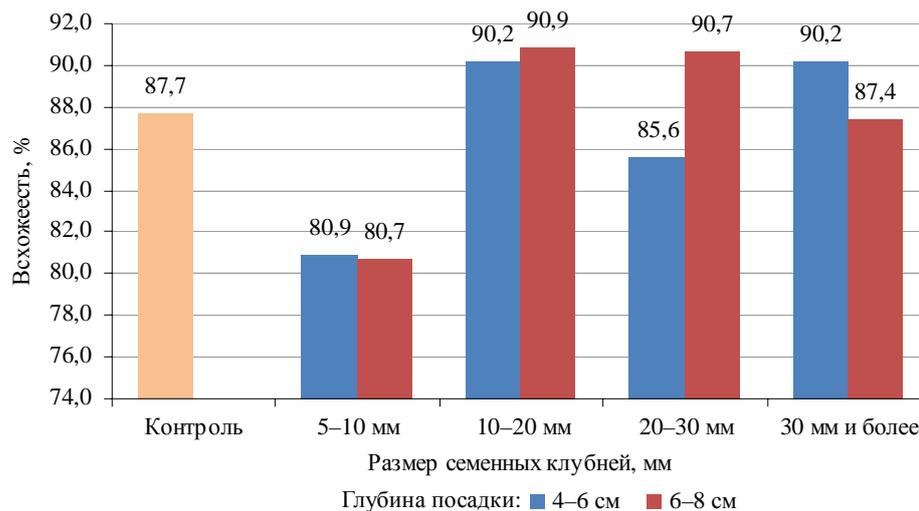


Рисунок 4 – Всхожесть клубней сорта Уладар в зависимости от размера семенных клубней первого клубневого поколения и глубины посадки

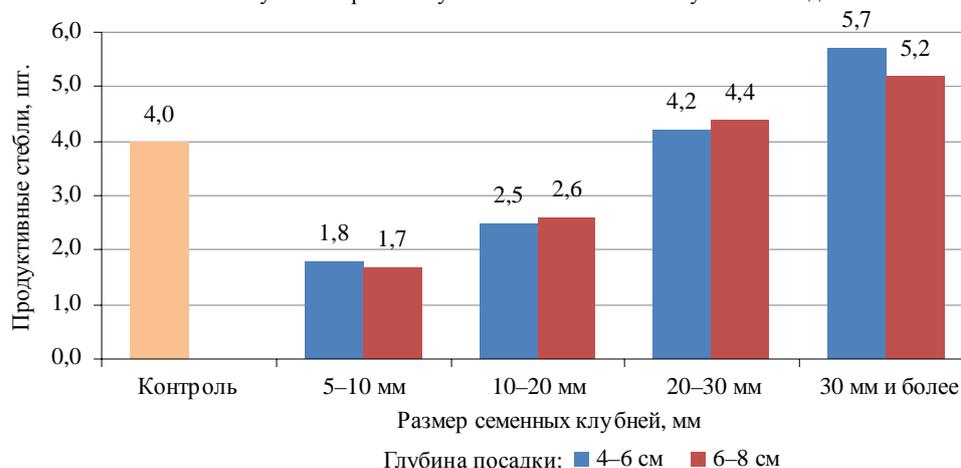


Рисунок 5 – Количество продуктивных стеблей кустов картофеля в зависимости от размера семенных клубней первого клубневого поколения при различной глубине посадки, 2013–2017 гг.

РАЗДЕЛ 5. СЕМЕНОВОДСТВО КАРТОФЕЛЯ

Анализ данных в разрезе сортов показал, что при мелкой (4–6 см) посадке клубней размером 20–30 мм растения картофеля сорта Зорачка сформировали на 7,7 % больше продуктивных стеблей, чем при более глубокой (6–8 см) посадке. Такая же тенденция отмечена в вариантах с клубнями 30 мм и более у сортов Зорачка и Лилея – 15,2 и 7,7 % соответственно (табл.).

Учет продуктивности растений за весь период исследований показал, что с увеличением диаметра посадочного клубня данный показатель также возрастал. Наиболее высокая продуктивность, более 1 000 г, была получена у сорта Лилея в вариантах с посадкой клубней размером от 30 мм и более на глубину 6–8 см (1 561 г/куст) и на глубину 4–6 см (1 214 г/куст). При этом разница между вариантами в пределах фактора «размер посадочного клубня» составила 28,6 %, а превышение контроля отмечено на 12,3 и 44,4 % соответственно.

На клубни сорта Уладар размером 5–10 мм глубина посадки не оказала влияния. Продуктивность данного варианта ограничивалась размером семенного клубня – отрицательная разница составила 53,6 и 62,0 %.

Установлено, что размер посадочных клубней изучаемых сортов является фактором, определяющим также и величину урожайности, то есть с увеличением фракционного размера клубней с 5–10 до 20–30 мм, а также 30 мм и более отмечен рост урожайности между вариантами в 1,2–1,4 раза. В вариантах посадки клубнями от 10 мм и более урожайность контроля превысила контроль при мелкой посадке (4–6 см) в 1,1–1,6 раза, при посадке на глубину 6–8 см – в 1,3–2,0 раза (рис. 6).

Самая высокая урожайность отмечена у сортов Лилея в варианте с посадкой клубней размером 30 мм и более на глубину 6–8 см и Уладар в вариантах с той же фракцией при глубине посадки 4–6 см – 55,7 т/га, при 6–8 см – 59,4 т/га. У сортов Зорачка и Лилея

Таблица – Влияние размера клубней первого клубневого поколения и глубины посадки на количество продуктивных стеблей и продуктивность сортов картофеля Зорачка, Лилея, Уладар в полевых условиях, 2013–2017 гг.

Вариант	Количество продуктивных стеблей, шт/куст		Продуктивность 1 растения, г	
	4–6 см	6–8 см	4–6 см	6–8 см
Зорачка				
Контроль	4,3		632	
5–10 мм	2,1	2,1	413	546
10–20 мм	3,2	3,1	590	693
20–30 мм	5,6	5,2	679	884
30 мм и более	6,8	5,9	806	938
Лилея				
Контроль	4,4		1 081	
5–10 мм	1,6	1,5	711	866
10–20 мм	2,1	2,5	804	1 018
20–30 мм	3,6	4,4	1 028	1 202
30 мм и более	5,6	5,2	1 214	1 561
Уладар				
Контроль	3,4		815	
5–10 мм	1,6	1,6	310	378
10–20 мм	2,2	2,3	562	694
20–30 мм	3,3	3,7	637	948
30 мм и более	4,6	4,5	938	1 146

РАЗДЕЛ 5. СЕМЕНОВОДСТВО КАРТОФЕЛЯ

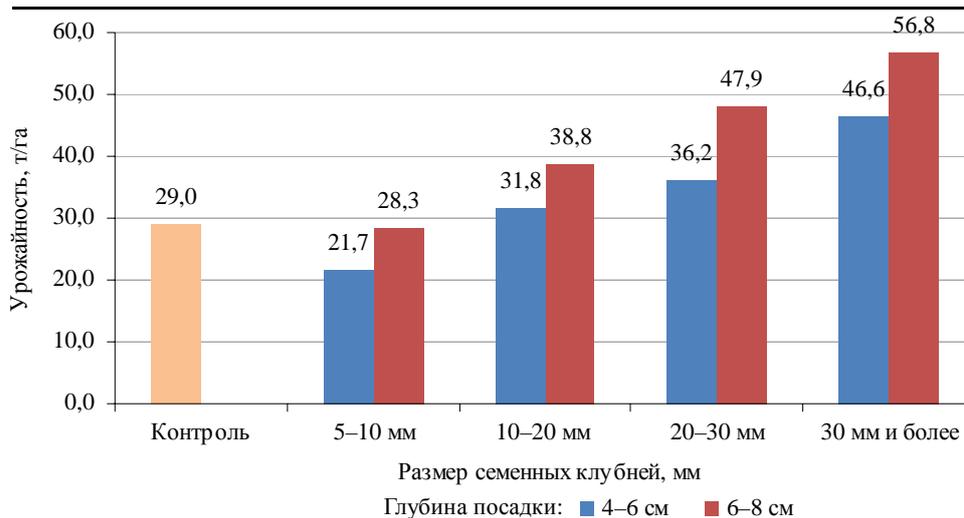


Рисунок 6 – Урожайность картофеля в зависимости от размера посадочных клубней первого клубневого поколения

отмечена зависимость урожайности в пределах фактора «размер клубня» от глубины посадки. Так, при посадке на глубину 6–8 см положительная разница составила от 17,4 до 36,3 % по отношению к мелкой посадке, у сорта Лилея – от 45,6 до 127,7 %. На урожайность сорта Уладар глубина посадки не оказывала значимого влияния в вариантах с клубнями размером от 10 мм и более, а в варианте с посадкой клубней 5–10 мм на глубину 4–6 см была получена урожайность, на 2,0 т превышающая контроль и на 8,2 т – вариант с глубиной посадки 6–8 см (рис. 7).

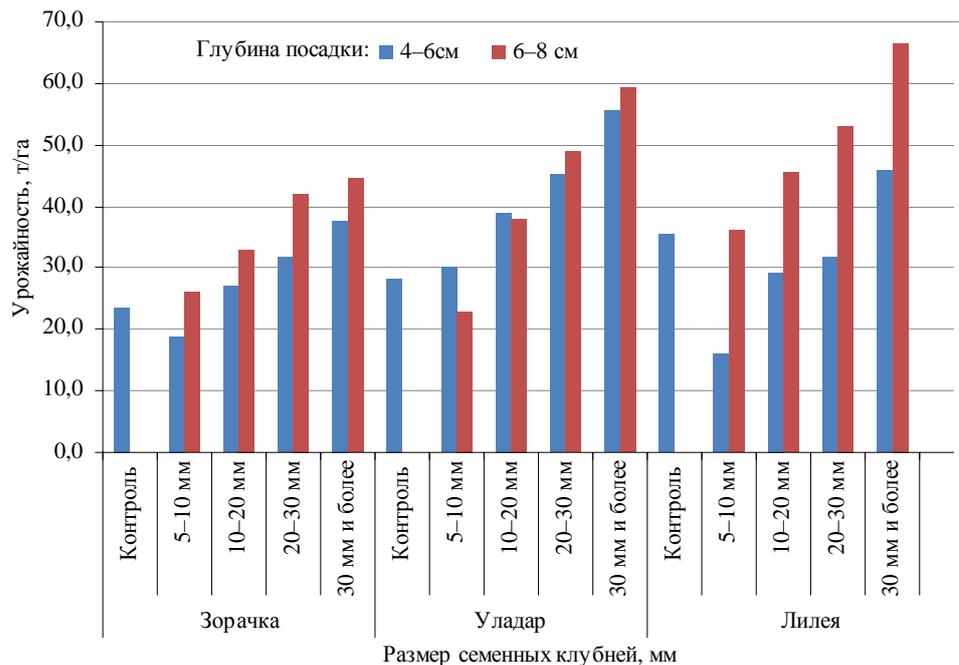


Рисунок 7 – Урожайность сортов картофеля в зависимости от размера посадочных клубней первого клубневого поколения

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сравнительная оценка урожайности, полученной за 5 лет исследований (2013–2017 гг.), позволяет сделать выводы о том, что при выращивании семенного картофеля в первичных питомниках размножения наиболее целесообразным является использование фракций первого клубневого поколения от 10 мм и выше. Каждые 10 мм диаметра семенных клубней категории исходного материала, полученного в защищенном грунте, обеспечивали рост урожайности в полевых условиях на 17,4–127,7 %.

Список литературы

1. Эффективность сочетания полевого отбора с культурой *in vitro* при производстве качественного семенного материала картофеля / А. И. Адамова [и др.] // Картофелеводство : сб. науч. тр. / Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству ; редкол.: В. Г. Иванюк (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2008. – Т. 14. – С. 14–19.
2. Литун, Б. П. Картофелеводство зарубежных стран / Б. П. Литун, А. И. Замотаев, Н. А. Андрюшина. – М. : ВО «Агропромиздат», 1988. – 167 с.
3. Методические указания по оценке картофеля на устойчивость к клубневым гнилям / Д. А. Ильяшенко [и др.] ; Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству. – Самохваловичи, 2010. – 52 с.

Поступила в редакцию 25.10.2021 г.

N. A. ANTSIPOVICH, V. V. ANTSIPOVICH, A. I. POPKOVICH,
T. V. SHAMYAKOVA

**PRESERVATION OF YIELDING PROPERTIES OF EARLY
POTATO VARIETIES IN THE FIELD PRODUCTION DEPENDING
OF THE SIZE OF A SEED TUBER****SUMMARY**

The research results on the influence of the size of seed tubers in the original potato seed production on the preservation of yielding properties of early potato varieties are presented in the article. It has been established that an increase in the fraction of the first tuber generation from 5 to 30 mm provides increase in the productivity of a potato plant by 1.2–1.4 times, depending on its variety.

Key words: potatoes, varietal features, first tuber generation, original seed production.

УДК 635.21:631.526.32

<https://doi.org/10.47612/0134-9740-2021-29-178-185>

**Н. А. Курейчик, С. В. Сокол, А. В. Гуминский,
Л. К. Живето, Е. В. Михальчук**

РУП «Минская областная сельскохозяйственная опытная станция
Национальной академии наук Беларуси», д. Натальевск, Червенский район
E-mail: moshos@inbox.ru

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ВЫРАЩИВАНИЯ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ РАСТЕНИЙ КАРТОФЕЛЯ В ПИТОМНИКЕ ПЕРВОГО КЛУБНЕВОГО ПОКОЛЕНИЯ

РЕЗЮМЕ

Максимальная продуктивность растений картофеля и коэффициент размножения клубней в питомнике первого клубневого поколения в закрытом грунте получены при выращивании картофеля на смеси торф + дерновая земля + вермикомпост. Наиболее оптимальна густота посадки растений 25 шт/м².

Ключевые слова: картофель, субстрат, торф, закрытый грунт, густота посадки, коэффициент размножения.

ВВЕДЕНИЕ

Вирусные болезни являются основной причиной вырождения сортов картофеля, приводя к значительным потерям урожая, которые порой достигают 70–85 %. Наиболее ощутимый ущерб картофелеводству наносят вирусы мозаичной группы X, S, M, вирус Y и вирус скручивания листьев [2].

Поскольку эффективных мер борьбы с вирусными болезнями пока не найдено, основным направлением получения высококачественного семенного материала является его оздоровление в процессе клонального микроразмножения. Однако главной проблемой ведения семеноводства картофеля на оздоровленной основе до недавнего времени являлась возможность быстрого повторного заражения вирусами оздоровленного материала в открытом грунте. Причиной вирусной реинфекции оздоровленного картофеля считалась высокая численность переносчиков вирусов картофеля – крылатых тлей. По мнению ряда ученых (Ф. Ф. Замалиева, С. А. Банадысев, А. А. Молявко и др.), зависимость между возрастом вирусной зараженности не является однозначной и обусловлена многими факторами. Предполагается, что на интенсивность возрастания повторной зараженности оздоровленного картофеля помимо видового состава и численности переносчиков влияют устойчивость сорта, исходная зараженность материала, совпадение фаз активного роста растений и массового лета тлей, густота посадки и площадь питания растений, оптимизация сроков удаления ботвы и др. [1, 2, 4].

Практика показывает, что даже при строгом соблюдении технологического регламента выращивания семенного материала, основанного на комплексном применении наиболее эффективных агроприемов, позволяющих существенно ограничить распространение вирусной инфекции в полевых условиях, существует определенный риск возникновения случаев новых заражений растений и перехода инфекции в клубни нового урожая.

Подавляющее большинство субъектов оригинального семеноводства в настоящее время выращивают первое клубневое поколение оздоровленного картофеля в пленочных теплицах на натуральных органоминеральных субстратах с широким применением торфа. Торф в чистом виде в качестве субстрата для выращивания растений картофеля в закрытом грунте нежелателен, так как в процессе его использования происходит усиленная минерализация и ухудшение физических свойств, а выращиваемые растения страдают от дефицита таких элементов питания, как фосфор, калий, магний, медь, цинк, бор и др.

Хороших результатов можно достичь, выращивая исходный материал картофеля на синтетических ионообменных субстратах Биона и Триона, однако данная технология в разы повышает стоимость производства клубней первого поколения [5].

Получение первого клубневого поколения оздоровленного картофеля в закрытом грунте предполагает возможность подбора субстратов и грунтов, а также оптимизацию уровня минерального питания и средств защиты, позволяющих обеспечить наиболее оптимальные условия для роста и развития растений картофеля и максимальный коэффициент размножения клубней.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Научные исследования на РУП «Минская ОСХОС НАН Беларуси» проводились путем постановки многофакторных опытов в 2014–2015 гг. Закладка опытов была проведена в пленочных теплицах в первой декаде мая. Высаживали растения *in vitro* с хорошо развитой корневой системой, имеющие 5–6 листочков и высоту 8–10 см.

Объектом исследования служили сорта картофеля отечественной селекции Лилея и Манифест.

В качестве субстратов использовали искусственный субстрат Биона и четыре варианта грунта на основе торфа, для улучшения физико-химических свойств которого нами было добавлено 10 % вермикомпоста, содержащего основные питательные вещества в виде различных соединений с гуминовыми кислотами.

Схема опыта состояла из следующих вариантов: 1) субстрат Биона; 2) торф + вермикомпост (1:0,1); 3) торф + песок + вермикомпост (1:0,3:0,1); 4) торф + гидроперлит + вермикомпост (1:0,3:0,1); 5) торф + дерновая земля + вермикомпост (1:0,3:0,1).

Содержание основных элементов питания в торфе представлено в таблице 1.

В связи с тем, что основа изучаемых субстратов – торф имел очень низкое содержание элементов питания, из расчета на 1 м² перед посадкой было внесено: доломитовой муки 200 г, азотных удобрений по действующему веществу – 20 г, фосфорных – 15, калийных – 30 г.

При изучении влияния густоты посадки на коэффициент размножения клубней использовали четыре схемы посадки растений: 15; 25; 35 и 45 шт/м².

Влияние различной конфигурации посадки на продуктивность растений картофеля изучали при густоте растений 25 шт/м². Схема опыта имела следующие варианты:

Таблица 1 – Агрохимические показатели торфа

Показатели	Значение показателей
Плотность сложения торфа, г/см ³	0,3
pH (КСl)	3,75
Содержание:	
азота, %	1,43
подвижного фосфора, мг/кг торфа	65
обменного калия, мг/кг торфа	110

РАЗДЕЛ 5. СЕМЕНОВОДСТВО КАРТОФЕЛЯ

20×20; 25×16 и 33×12 см. Растения высаживали на субстрат, содержащий торф, дерновую землю и вермикомпост.

Уход за растениями в теплицах сводился к созданию благоприятных условий для роста и развития. Прополка и рыхление междурядий проводились вручную. Фунгицидные и инсектицидные обработки осуществлялись не реже, чем раз в 7–10 дней. В целях профилактики появления на растениях картофеля грибных болезней применяли фунгициды: Метаксил, Акробат МС, Дитан М, Ревус, Пенкоцеб и Ширлан. Чтобы исключить проникновение в защищенный грунт тлей, переносчиков вирусных болезней, в баковую смесь добавляли инсектициды Актара и Альверде.

Исследования в опытах проводили согласно общепринятым методикам [1, 6].

В ходе исследований вели наблюдения за ростом и развитием растений, формированием и накоплением урожая, рассчитывали коэффициент размножения клубней и экономическую эффективность производства клубней первого поколения.

Контрольные копки проводили спустя месяц после высадки растений один раз в 15 дней. При этом методом высечек определяли ассимиляционную поверхность листьев, а накопление массы клубней – весовым методом.

Для расчета фотосинтетического потенциала нарастание площади листьев определялось по периодам. Усредненная площадь листьев умноженная на продолжительность их работы и определяет величину фотосинтетического потенциала [3].

Фотосинтетический потенциал рассчитывали по следующей формуле:

$$\text{ФП} = \frac{(Л_1 + Л_2) \times T_1 + (Л_2 + Л_3) \times T_2}{2},$$

где ФП – фотосинтетический потенциал, м²/м² × дни;

Л – площадь листьев;

Т – продолжительность периода вегетации.

Чистую продуктивность фотосинтеза находили по формуле

$$\text{ЧПФ} = \frac{В_1 - В_2}{1/2(Л_1 + Л_2) \times T},$$

где ЧПФ – фотосинтетический потенциал, г/м² × дни;

В₁, В₂ – масса клубней с единицы площади.

После уборки урожая определяли количество и массу клубней на 1 м². Содержание сухого вещества и крахмала устанавливали по удельному весу клубней.

Удельный вес клубней рассчитывали по формуле

$$У = \frac{а}{а - б},$$

где У – удельный вес клубней;

а – вес картофеля в воздухе, г;

б – вес картофеля в воде, г.

Для определения содержания крахмала в клубнях использовался следующий расчет:

$$\frac{264 \times б}{а - б}.$$

Содержание сухого вещества рассчитывали следующим образом:

$$\frac{278 \times b}{a}$$

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Проведенные исследования показали, что растения картофеля лучше росли и развивались на искусственном субстрате Биона. Количество клубней на 1 м² у сорта Манифест в данном варианте составило 216,8 шт., а у сорта Лилея – 169,9 шт. при массе 5 420 и 6 762 г/м² соответственно.

Из натуральных органоминеральных субстратов лучшие биометрические показатели получены при выращивании растений картофеля на смеси торф + дерновая земля + вермикомпост как по сорту Манифест, так и по сорту Лилея. Коэффициент размножения клубней был также максимальным.

Урожайные данные, представленные в таблице 2, свидетельствуют, что в среднем за два года исследований продуктивность сорта Лилея в закрытом грунте была достоверно выше, чем сорта Манифест, прибавка составила 0,7 кг/м². Урожайность в варианте с использованием для производства клубней первого поколения субстрата Биона существенно выше, нежели в вариантах с органоминеральной смесью. Среди торфогрунтов как у сорта Лилея, так и у сорта Манифест лучшим был вариант с добавлением к торфу вермикомпоста и дерновой земли. Прибавка к фоновому варианту в среднем по двум сортам составила 0,44 кг/м². Различия среди других вариантов были незначительны.

Искусственный субстрат Биона значительно превосходит по цене натуральные органоминеральные субстраты, поэтому расчет экономической эффективности возделывания картофеля на различных субстратах показал, что затраты на производство клубней картофеля первого поколения в закрытом грунте в семь и более раз выше, нежели на натуральных субстратах (рис. 1).

С увеличением густоты посадки растений картофеля от 15 до 45 шт/м² снижался коэффициент размножения клубней. В среднем за два года исследований количество клубней на одно растение у сорта Манифест снизилось с 5,0 до 3,1 шт., а у сорта Лилея с 5,3 до 3,5 шт. Наличие их на 1 м² выросло с 75,0 до 139,0 у сорта Манифест и с 78,5 до 154,9 у сорта Лилея.

Масса клубней, сформированная на одном растении, была максимальной при густоте посадки растений 15 шт/м² и составляла 188,2 г у сорта Манифест и 216,6 г у сорта Лилея. С увеличением густоты посадки этот показатель снижался соответственно до 75,5 и 81,7 г. При этом наблюдалась тенденция к повышению продуктивности растений с единицы площади, хотя средняя масса одного клубня при загущенных посадках снижалась как у сорта Манифест, так и у сорта Лилея (рис. 2).

Таблица 2 – Влияние субстратов на урожай картофеля в закрытом грунте, кг/м²

Сорт (А) НСР ₀₅ 0,22	Субстрат (В) НСР ₀₅ 0,35					Среднее	± к средней
	Субстрат Биона	Торф + вермикомпост (фон)	Фон + песок	Фон + перлит	Фон + дерновая земля		
Манифест	3,98	2,83	2,98	2,89	3,29	3,19	–
Лилея	4,70	3,28	3,42	3,40	3,69	3,89	0,7
Среднее	4,34	3,05	3,20	3,14	3,49	–	–
±	–	–1,29	–1,14	–1,2	–0,85	–	–

НСР₀₅ АВ

0,40

РАЗДЕЛ 5. СЕМЕНОВОДСТВО КАРТОФЕЛЯ

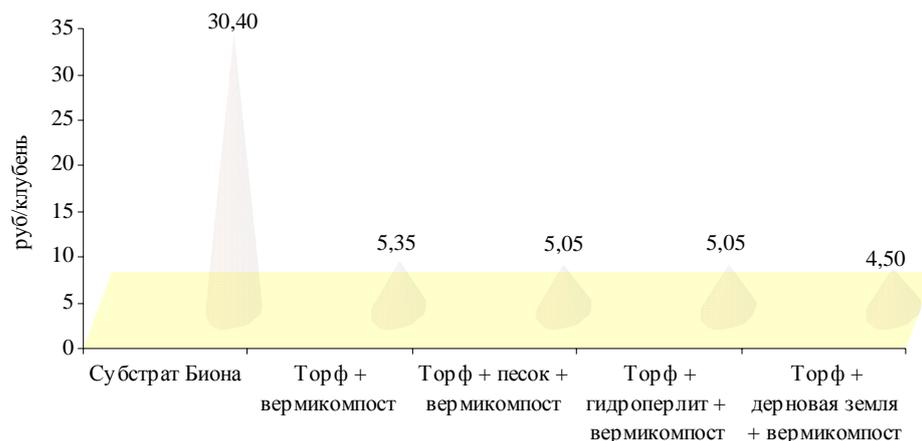


Рисунок 1 – Себестоимость производства клубней картофеля в закрытом грунте на разных субстратах (среднее по сортам Лилея и Манифест), тыс. руб./клубень
Примечание. Расчеты произведены в неденоминированных рублях.

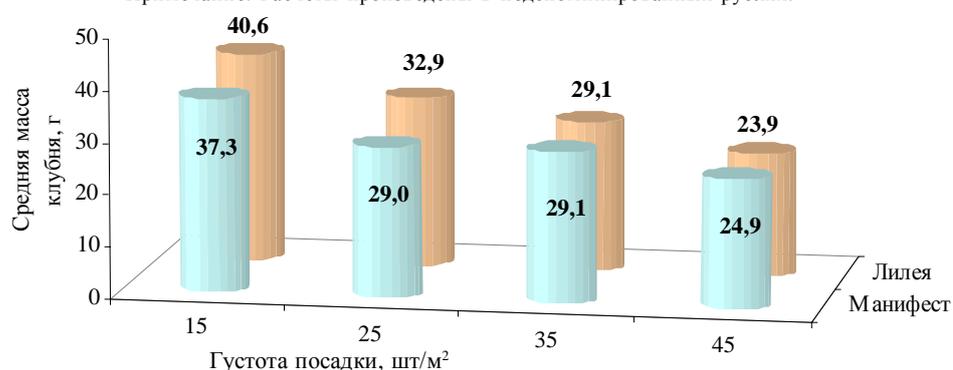


Рисунок 2 – Влияние густоты посадки на среднюю массу одного клубня в питомнике первого клубневого поколения в закрытом грунте, г

Изучение влияния густоты посадки на фотосинтетическую активность растений картофеля в закрытом грунте показало, что при увеличении густоты посадки ассимиляционная поверхность листьев одного растения снизилась у сорта Манифест в 1,4 раза, сорта Лилея – 1,2 раза, однако площадь листьев на 1 м² возделываемой площади возросла в 2,2 и 2,5 раза соответственно. Хотя фотосинтетический потенциал как обобщающий показатель благоприятности возделывания с увеличением густоты посадки растений и возрастал, но чистая продуктивность фотосинтеза при этом снижалась как у сорта Манифест, так и у сорта Лилея (рис. 3).

Несмотря на негативное влияние повышенной плотности посадок на коэффициент размножения клубней, вес одного клубня и продуктивность фотосинтеза, масса клубней на 1 м² с увеличением густоты посадки до 25 шт/м² достоверно возрастала. При увеличении густоты посадки до 35 шт/м² прибавки урожая были не столь значительны, а при густоте посадки 45 шт/м² наметилась тенденция к снижению урожая (табл. 3).

Оценка экономической эффективности возделывания картофеля в зависимости от густоты посадки показала, что с ее увеличением от 15 до 45 шт/м² значительно (от 180 до 540 тыс. руб/м²) возрастает стоимость посадочного материала, используемого на 1 м² (табл. 4). Стоимость всех затрат повышается на 34,4–87,2 %.

РАЗДЕЛ 5. СЕМЕНОВОДСТВО КАРТОФЕЛЯ

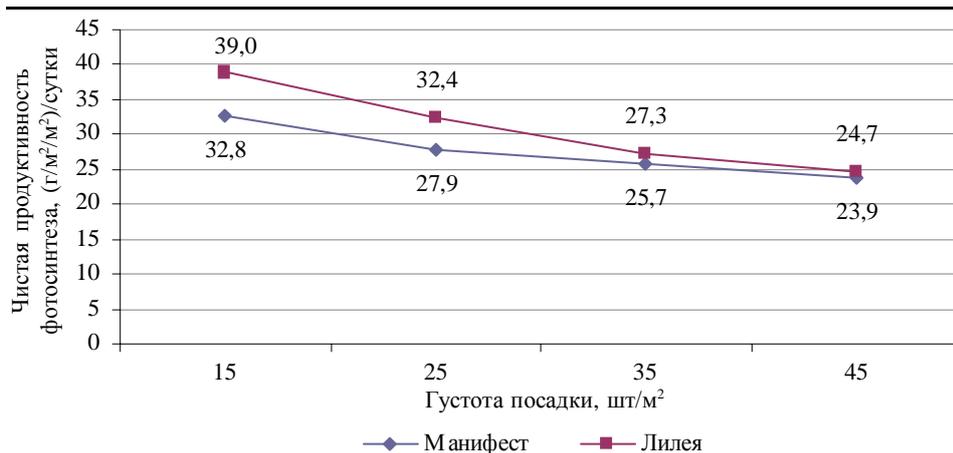


Рисунок 3 – Влияние густоты посадки на чистую продуктивность фотосинтеза растений картофеля в закрытом грунте, (г/м²/м²)/сутки

Таблица 3 – Влияние густоты посадки на урожай клубней картофеля в закрытом грунте, кг/м²

Сорт (А) НСР ₀₅ 0,177	Густота посадки шт/м² (В) НСР ₀₅ 0,279				Среднее
	15	25	35	45	
Манифест	2,87	3,16	3,45	3,47	3,24
Лиляя	3,29	3,73	3,91	3,74	3,67
Среднее	3,08	3,44	3,68	3,61	–
НСР ₀₅ АВ					0,395

Таблица 4 – Эффективность производства клубней картофеля в закрытом грунте в зависимости от густоты посадки (среднее по двум сортам)

Показатели	Густота посадки, шт/м²			
	15	25	35	45
Стоимость субстрата, тыс. руб.	41,7	41,7	41,7	41,7
Стоимость посадочного материала, тыс. руб/м²	240	360	480	540
Реактивы, средства защиты и удобрения, тыс. руб.	12	12	12	12
Заработная плата, тыс. руб.	31,4	31,4	31,4	31,4
Начисления на заработную плату, тыс. руб., 34,0 + 0,6 %	10,86	10,86	10,86	10,86
Амортизация, тыс. руб.	12,8	12,8	12,8	12,8
Накладные расходы, тыс. руб.	72,2	102,2	132,2	167,2
Производство клубней, кг/м²	3,08	3,47	3,68	3,6
Производство клубней, шт/м²	76,75	110,45	125,4	146,95
Себестоимость, тыс. руб/кг	128,6	157,4	190,0	234,9
Себестоимость, тыс. руб/клубень	4,84	4,74	5,34	5,69

Несмотря на то что с увеличением густоты посадки продуктивность растений картофеля с единицы площади возросла, на 30–107 % выросла также и себестоимость 1 кг клубней. С увеличением густоты посадки количество клубней, полученных на единице площади, возросло почти в два раза, однако себестоимость одного клубня при возделывании картофеля в закрытом грунте с различной плотностью посадки находилась в пределах 4,84–5,69 тыс. руб. Наиболее оптимальной в наших исследованиях была густота посадки растений 25 шт/м², так как при дальнейшем ее увеличении прибавка

урожая клубней не является достоверной, а себестоимость одного клубня возрастает в 1,1–1,2 раза (см. табл. 4).

Существенного влияния конфигурации посадки на коэффициент размножения клубней картофеля в закрытом грунте установлено не было ни по сорту Манифест, ни по сорту Лилея (рис. 4).

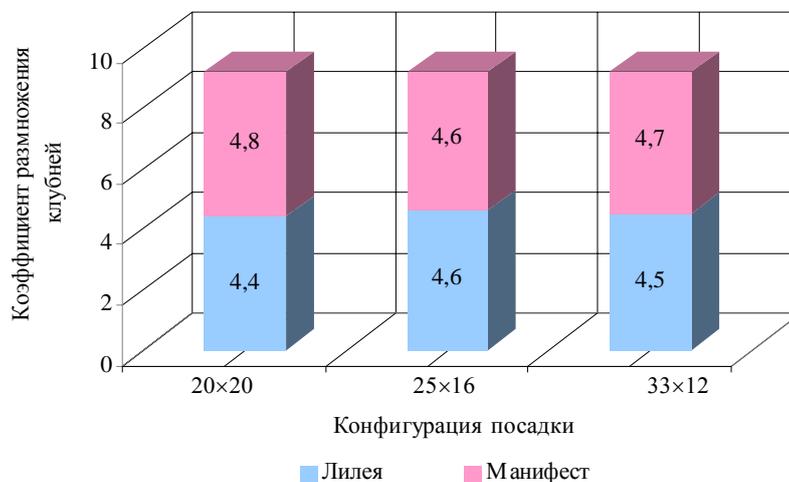


Рисунок 4 – Коэффициент размножения клубней картофеля в закрытом грунте в зависимости от конфигурации посадки

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Из натуральных органоминеральных субстратов наиболее пригоден для выращивания картофеля субстрат на основе смеси торф + дерновая земля + вермикомпост. При этом урожайность и коэффициент размножения клубней максимальны, а себестоимость минимальна.

Увеличение густоты посадки с 15 до 45 шт/м² повышает фотосинтетический потенциал и продуктивность растений с единицы площади, но при этом снижается чистая продуктивность фотосинтеза и коэффициент размножения клубней. Наиболее оптимальна густота посадки растений картофеля 25 шт/м², себестоимость одного клубня при этом минимальна.

Конфигурация посадки картофеля в закрытом грунте не оказала влияния на продуктивность растений и коэффициент размножения клубней.

Список литературы

1. Замалиева, Ф. Ф. Закономерности распространения вирусной инфекции на картофеле и особенности стратегии защиты семенного картофеля от вирусной реинфекции / Ф. Ф. Замалиева // 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. 18. – С. 788–789.
2. Каюмов, М. К. Биоклиматический потенциал продуктивности и приемы рационального его использования / М. К. Каюмов. – М. : ВСХИЗО, 1991. – 191 с.
3. Молявко, А. А. Снижение вирусной инфекции на семенном картофеле / А. А. Молявко, Ф. Е. Антоненко, В. Н. Свист // Картофелеводство : 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. 422–429.

4. Методические рекомендации по специализированной оценке картофеля / С. А. Банадысев [и др.]. – Минск, 2003. – 70 с.

5. Семенова, З. А. Использование ионитных субстратов Биона в первичном семеноводстве картофеля / З. А. Семенова, В. В. Матусевич // Сельскохозяйственная биотехнология : материалы Междунар. науч.-практ. конф., Горки, 14 дек. 1998 г. / БГСХА. – Горки, 1998. – С. 155–157.

6. Функциональная диагностика питания растений в защищенном грунте [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.bhz.kosnet.ru/tat/St_aguadonis.html. – Дата доступа: 27.03.2021.

Поступила в редакцию 15.09.2021 г.

N. A. KUREICHIK, S. V. SOKOL, A. V. GUMINSKIY,
L. K. ZHIVETO, E. V. MIHALCHUK

EFFECT OF GROWTH ENVIRONMENT ON THE PRODUCTIVITY OF POTATO PLANTS IN A FIRST TUBER GENERATION NURSERY

SUMMARY

Maximum productivity of potato plants and tubers multiplication factor in a first tuber generation nursery in protected ground were obtained when growing in a mixture of turf + sod soil + vermicompost. The most optimal planting density is 25 plants/m².

Key words: potatoes, substrate, turf, protected ground, planting density, multiplication factor.

УДК 635.21:573.6:631

<https://doi.org/10.47612/0134-9740-2021-29-186-197>**Е. В. Овэс, Н. А. Гаитова**

ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр картофеля имени А. Г. Лорха», пос. Красково, Люберецкий район, Московская область, Россия
E-mail: oveselena@mail.ru

ПРОДУКТИВНОСТЬ СОРТОВ КАРТОФЕЛЯ ПРИ ПОДДЕРЖАНИИ ПОЛЕВОЙ КОЛЛЕКЦИИ В СЕВЕРНОМ РЕГИОНЕ И ВЫСОКОГОРЬЕ

РЕЗЮМЕ

Изучено прохождение межфазных периодов и формирование урожая клубней у 93 сортов картофеля различного срока созревания. Отбор базовых клонов проводили в северных и южных условиях в Приморском районе Архангельской области и высокогорья Северного Кавказа на высоте 2 300–2 500 м над уровнем моря. На рост, развитие и клубнеобразование растений существенное влияние оказали долгота дня в северном регионе и высокое количество часов солнечного сияния в высокогорье. Коэффициент размножения растений в высокогорье возрос по сравнению с северной зоной в 1,2–2,3 раза, при этом наибольшее превышение отмечено у сортов позднего срока созревания. Превышение массы клубней у сортов ранней и среднеранней групп спелости по сравнению с северной зоной составило 1,9–2,7 раза, у сортов более позднего срока – 2,9–3,1 раза.

Ключевые слова: картофель, банк здоровых сортов картофеля, базовые клоны, рост и развитие растений, продуктивность, северный регион, высокогорье.

ВВЕДЕНИЕ

Главной биологической особенностью картофеля является вегетативный способ размножения. С этим связаны проблемы, обусловленные физиологическим старением культуры и накоплением специфических патогенов, вызывающих снижение урожая клубней. В связи с этим в семеноводстве картофеля современные биотехнологические методы получили наибольшее практическое распространение [1, 2].

Применение меристемно-тканевых операций позволяет сохранить типичность биоматериала в процессе поддержания *in vitro* коллекции картофеля [3, 4]. Однако даже в таких условиях на картофеле существует угроза закрепления модификаций отдельных хозяйственно ценных признаков [5, 6]. Условия изолированной культуры в результате длительного клонирования могут привести к глубокой клеточной дестабилизации, и изменения происходят, прежде всего, по показателям хозяйственно ценных признаков. В культуральном сосуде микрорастение регенерирует при насыщенной влажности воздуха и дефиците углекислоты. Сочетание этих двух факторов формирует фенотип пробирочной культуры, который хорошо растет и развивается в искусственных условиях [7]. Внутрипробирочная экология в первую очередь способствует модификации систем, ответственных за транспорт воды, CO₂ и O₂ как внутри, так и из клетки растений [8, 9]. Искусственные условия могут вызывать изменчивость как модификационную, так и мутационную [10, 11]. При массовом микроклональном размножении зачастую не учитывается

скрытая, фенотипически не проявленная вариабельность среди исходных растений [12]. Поддержание *in vitro* коллекций на основе многолетнего депонирования, без надлежащего диагностического контроля и систематической оценки на сортовую типичность не позволяет использовать биоматериал в качестве платформы по выращиванию высококачественного семенного материала в оригинальном семеноводстве [13–15].

Ненаследственные отклонения на сортах картофеля проявляются в виде смещения фенологических фаз. Лучшими для сохранения генетического разнообразия картофеля являются условия *in situ*, которые позволяют минимизировать потери сортовых ресурсов [16–18]. Однако в связи с присутствующими рисками заражения вирусами сохранить сорта в полевой коллекции становится проблематично.

В современной практике широко применяется метод поддержания сортообразцов в чистых фитосанитарных условиях с последующим отбором здоровых исходных растений и их введения в культуру *in vitro* методом ростковых черенков [19–22]. Применение данного метода при получении новых линий *in vitro* является наиболее предпочтительным, поскольку шанс проявления генетической модификации в данном случае невелик. Метод вычленения апикальной меристемы необходимо использовать при оздоровлении перспективных сортов и гибридов от различных патологий, в дальнейшем для клонирования и ускоренного размножения рациональнее использовать способы введения в культуру ростковыми черенками или частями стебля [23].

Для максимального сохранения биологического потенциала сортов картофеля актуальными для закладки полевых питомников отбора являются исследования территорий, свободных в фитосанитарном плане от инфекций: острова, высокогорье, северные и прибрежные территории [24]. В большинстве регионов Российской Федерации существуют такие территории. В условиях Европейского Севера глубокое промерзание почвы в зимний период способствует ее очищению от возбудителей болезней и вредителей, высокий уровень солнечной инсоляции в летние месяцы создает хорошие условия для ускоренного роста и развития растений. Вертикальная зональность высокогорья является природным барьером, препятствующим векторной траектории перелета тлей – переносчиков инфекции [25, 26]. Благодаря отсутствию инфекционных очагов семенной материал высоких классов семян можно воспроизводить в высокогорной зоне 5–6 лет [27–29].

Цель исследования – оценка прохождения межфазных периодов и продуктивности сортов картофеля различного срока созревания при отборе базовых клонов в условиях северного региона и высокогорья Северного Кавказа.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Размещение сортообразцов в полевых питомниках Банка здоровых сортов картофеля (БЗСК) проводили согласно утвержденной методике [30]. Географическое расположение питомников БЗСК: в северном регионе – 64° 32.3636'0" с. ш. и 40° 31.0163' 0" в. д., в высокогорье – 42° 52' 12" с. ш. и 43° 57' 33" в. д. Посадку сортообразцов картофеля проводили в условиях Европейского Севера (Приморский р-н Архангельской обл.) и высокогорья Северного Кавказа (Верхний Згид, РСО-Алания) на высоте 2 500 м н. у. м.

В условиях Архангельской области среднесуточная температура воздуха выше 10 °С наступает во второй – третьей декаде мая. Характерной особенностью для региона Европейского Севера является длинный летний световой день (более 20 ч). Среднесуточная температура воздуха в июне составляет 13 °С, в июле – 16,3 и в августе – 13,1 °С. В летний период ежемесячно выпадает 61–73 мм осадков. Сумма активных температур в период вегетации картофеля составляет 1 100–1 300 °С, ГТК – 1,58. Почвы

подзолисто-глеевые с преобладающим ровным рельефом. Агрохимические показатели участка, на котором размещается коллекционный питомник: содержание гумуса (по Тюрину) – 3,66 % (низкое), азота – 43–45 мг/кг почвы (среднее), подвижных форм фосфора и калия (по Кирсанову) высокое – 240–267 и 160–170 мг/кг почвы соответственно. Реакция почвенного раствора pH – 5,8 (слабокислая), гидролитическая кислотность – 2,5–3,4 мг-экв/100 г почвы при малой степени насыщенности основаниями – 48–66 %.

Сложный горный рельеф Северного Кавказа создает большое разнообразие местных микроклиматов, которые зависят от экспозиции склонов и их высоты над уровнем моря. В высокогорье очень высокий ультрафиолетовый индекс (8–10 баллов) и низкое давление воздуха (600 мм рт. ст.). Среднесуточные температуры выше 10 °С наступают в конце мая – начале июня. В горах присутствует резкий контраст между дневными и ночными температурами. Днем температура воздуха в июле – августе может превышать +25 °С, а ночью быть ниже +10 °С. Сумма активных температур в период вегетации составляет 1 300–1 400 °С, осадки выпадают систематически в виде ливней и грозных дождей и составляют около 500 мм, ГТК превышает 3,0. Почвы высокогорья относятся к разновидности горно-луговых субальпийских. Агрохимический анализ почвенных образцов опытного участка: содержание гумуса в верхнем горизонте составляет 6,7 % (высокое), реакция почвенного раствора pH – 5,8 (слабокислая), содержание азота – 43–45 мг/кг почвы (среднее), доступных форм фосфора (по Кирсанову) – 102–120 (повышенное) и калия – 161–180 мг/кг почвы (высокое). Сумма обменных оснований зависит от гранулометрического состава и находится в пределах 25–31 мг-экв/100 г почвы, гидролитическая кислотность – 1,75 мг-экв/100 г почвы, степень насыщенности основаниями – 95 %.

Для сравнительной оценки сортов картофеля в разных природно-климатических условиях использовали 36 раннеспелых, 34 среднеранних и 23 среднеспелых и среднепоздних сортов картофеля. Для определения структуры взаимосвязей между показателями, формирующими урожай клубней, применяли многомерный статистический метод с привлечением факторного анализа (метод главных компонент). В качестве переменных рассматривали коэффициент размножения, массу клубней одного куста и массу одного клубня за период исследований (2015–2020 гг.).

Посадку сортообразцов в питомниках БЗСК в северной зоне и в высокогорье проводили в первой декаде июня по схеме 0,75×0,25 м, уборку полевой коллекции – в начале сентября. Ежегодно в каждой зоне для поддержания сортообразцов в полевой коллекции в питомнике базовых клонов высаживали по 25 клубней, площадь учетной делянки – 5,25 м². Для каждого сорта в период вегетации отмечали лучшие по развитию 3–5 растений (базовых клонов). В период вегетации проводили фенологические наблюдения и биометрические измерения растений, в период уборки – учет урожая и его структуры.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Условия среды оказывают существенное влияние на прохождение фаз роста и развития. Основными факторами, влияющими на развитие картофеля в северном регионе, оказались долгота дня, метеоусловия года и срок созревания сортов. Продолжительный летний световой день способствовал получению выравненных всходов. Первые всходы отмечали в начале второй декады июня, массовые – в конце третьей декады. На 42–60-е сутки от посадки ранние и среднеранние сорта сформировали стебли высотой 65 см и вступили в фазу клубнеобразования (табл. 1). Сорта среднеспелой и среднепоздней групп спелости образовали всходы на 10–13 суток позже. Они характеризовались интенсивным ростом биомассы до 70 см и наступлением фазы бутонизации на 11–15 суток позже по сравнению с ранними и среднеранними сортами.

РАЗДЕЛ 5. СЕМЕНОВОДСТВО КАРТОФЕЛЯ

Таблица 1 – Развитие растений картофеля в северном регионе, 2015–2020 гг.

Группа спелости	Посадка – всходы, сутки	Межфазный период, сутки			Период вегетации, сутки	Высота стеблей, см
		всходы – бутонизация	бутонизация – цветение	цветение – уборка		
Ранняя	10–14	32–34	7–9	34–38	71–73	60–65
Среднеранняя	13–17	37–43	10–11	23–27	70–71	50–55
Среднеспелая	24–27	32–34	10–15	15–19	57–68	60–70
Среднепоздняя	25–28	32–34	10–15	15–19	57–68	60–70

Фаза цветения в условиях северной зоны зависела от биологических особенностей, ее наступление для ранних и среднеранних сортов наблюдали с третьей декады июля до конца первой декады августа. Период цветения среднеспелых сортов происходил во второй – третьей декаде августа. Цветение поздних сортов в условиях региона отмечали в конце августа. В более прохладные годы (2015 и 2019 гг.) происходило смещение фазы цветения поздних сортов на начало сентября и совпадало с моментом уборки.

В высокогорье всходы наблюдали на 6–10-е сутки позже по сравнению с северной зоной. Полные всходы у большинства сортов появлялись на 20–28-е сутки после посадки (табл. 2). В зависимости от группы спелости на 47–68-е сутки растения вступали в фазу бутонизации. Массовое цветение отмечали в первую – вторую декады августа (на 60–75-е сутки после посадки), количество стеблей зависело от сортовых особенностей и составило 4–6 шт/куст высотой от 60 до 100 см.

Отличия в межфазных периодах сортов картофеля в различных агроклиматических зонах обусловлены присутствием геоморфологических особенностей. Основными факторами, влияющими на прохождение межфазных периодов растений, являются долгота дня в северной зоне и высокое количество часов солнечного сияния, а также контраст температур в высокогорье. Несмотря на более поздние всходы, в высокогорье (6–10 суток), по сравнению с северной зоной, у сортов ранней и среднеранней групп спелости бутонизация наступала на 3–5 суток позже, а у более поздних сортов – на 10–15 суток раньше. Полученные данные указывают на смещение межфазных периодов в онтогенезе среднеспелых и среднепоздних сортов картофеля на 7–18 суток в условиях длинного светового дня по сравнению с высокогорной зоной.

Высокая солнечная инсоляция в горах оказывает благоприятное воздействие на рост и развитие растений. В таких условиях стимулируются окислительные процессы в тканях, увеличивается число и масса листьев, содержание в них хлорофилла [31]. Под действием высокого солнечного сияния, в результате активного роста у растений интенсивно развивается надземная часть и увеличивается масса корней, что в перспективе может способствовать сокращению онтогенеза и ускорению образования столонов [15, 31, 33].

Одним из главных варьирующих признаков при возделывании сортов картофеля в разных агроклиматических зонах является продуктивность. Результаты проводимой

Таблица 2 – Развитие растений картофеля в высокогорной зоне, 2015–2020 гг.

Группа спелости	Посадка – всходы, сутки	Межфазный период, сутки			Период вегетации, сутки	Высота стеблей, см
		всходы – бутонизация	бутонизация – цветение	цветение – уборка		
Ранняя	16–20	31–33	10–11	29–38	70–72	70–80
Среднеранняя	23–27	30–31	9–11	23–24	63–65	60–70
Среднеспелая	22–28	33–35	10–12	18–21	64–65	90–100
Среднепоздняя	22–28	33–35	10–12	18–21	64–65	90–100

РАЗДЕЛ 5. СЕМЕНОВОДСТВО КАРТОФЕЛЯ

параллельной оценки продуктивности сортов в северном регионе и высокогорье отражают существенное варьирование показателей, связанное с неоднородностью экологических факторов и специфической реакцией изученных сортов картофеля. Максимальными значениями по коэффициенту размножения среди ранних сортов в условиях северного региона характеризовались Удача, Крепыш, Гулливер, Бриз, Лидер, Ривьера, Винета и Солист. Они сформировали 8,6–10,4 клубней массой 40,5–57,3 г и общей массой 437–533 г/куст. В высокогорье лучшие результаты получены у девяти сортов: Удача, Метеор, Взрывной, Лидер, Даренка, Югана, Якутянка, Бриз и Витессе – 16,0–19,8 шт., 56,6–67,8 г и 817–1 140 г/куст соответственно (табл. 3).

Таблица 3 – Продуктивность ранних сортов картофеля в различных природно-климатических условиях, 2015–2020 гг.

Сорт	Коэффициент размножения, шт.		Масса клубней, г/куст		Масса одного клубня, г	
	I	II	I	II	I	II
Удача	8,8	17,0	437	817	49,7	48,1
Метеор	7,5	16,5	377	1120	50,2	67,9
Жуковский ранний	7,0	14,6	325	833	46,4	57,1
Крепыш	9,5	15,3	483	854	50,8	55,8
Гулливер	9,3	14,7	533	967	67,9	65,9
Любава	6,8	13,0	347	950	51,0	73,1
Лидер	10,7	18,7	483	1058	45,1	56,5
Алена	5,5	10,8	283	678	51,4	65,1
Даренка	8,3	16,5	413	1075	49,7	62,7
Скороплодный	7,0	15,6	325	867	46,4	55,5
Юбиляр	7,7	15,8	342	875	44,4	55,4
Взрывной	6,7	16,0	308	908	45,9	56,8
Югана	8,2	18,3	347	1050	42,3	57,3
Якутянка	7,0	16,2	330	1040	47,1	64,2
Лилея	7,2	14,6	390	730	54,2	50,0
Бриз	8,6	19,8	420	1140	48,8	57,6
Розара	7,1	11,8	323	830	45,5	70,6
Леди Клэр	7,8	11,5	298	587	38,2	51,0
Ред Скарлетт	6,7	10,8	330	607	49,2	56,2
Импала	6,3	14,8	292	925	46,3	62,5
Миранда	6,8	14,3	283	867	41,6	60,6
Ред Леди	8,1	15,7	400	972	49,4	61,9
Латона	7,2	15,5	333	898	46,2	57,9
Витессе	7,3	16,0	343	933	47,0	58,3
Беллароза	6,5	11,7	302	748	46,5	63,9
Рикеа	7,1	14,3	323	833	45,5	58,2
Розалинд	6,7	14,2	317	833	47,3	58,7
Солист	8,7	15,3	445	816	51,1	52,6
Колетте	7,7	12,2	302	642	39,2	52,6
Артемис	5,8	14,4	268	860	46,2	59,7
Бафана	5,4	14,0	278	860	55,2	59,7
Рамос	7,5	14,0	312	742	46,4	53,0
Ривьера	9,0	13,7	473	972	52,5	70,9
Арроу	8,0	11,5	287	550	35,8	47,8
Винета	10,4	9,8	422	650	37,0	66,3
Каратоп	6,8	11,6	262	634	38,5	54,7

Примечание. I – северный регион; II – высокогорная зона.

РАЗДЕЛ 5. СЕМЕНОВОДСТВО КАРТОФЕЛЯ

Из исследуемых среднеранних сортов в условиях северного региона наиболее продуктивными оказались 8 сортов: Синеглазка, Рябинушка, Ильинский, Купец, Манифест, Зекура, Санте и Гала. Их варьирование по массе клубней составило 375–466 г/куст в результате образования от 8,4 до 10,3 клубней средней массой от 41,2 до 50,6 г (табл. 4).

В высокогорье лучший результат показали 8 сортов: Василек, Маяк, Надежда, Купец, Манифест, Дина, Зекура и Санте. Амплитуда их продуктивности составила по массе клубней в рамках одного клона от 865 до 1 100 г/куст. По количеству сформированных клубней варьирование у данных сортов составило 14,5–22,1 шт/куст при средней массе 48,3–68,9 г.

Показатели среднеранних сортов картофеля в высокогорье оказались выше, чем в северном регионе: коэффициент размножения – в 1,2–1,4 раза, средняя масса клубня – 1,7–2,1 раза и общая масса одного клона – в 2,3–2,5 раза.

Таблица 4 – Продуктивность базовых клонов среднеранних сортов картофеля, 2015–2020 гг.

Сорт	Коэффициент размножения, шт.		Масса клубней, г/куст		Средняя масса клубня, г	
	I	II	I	II	I	II
Волжанин	6,8	16,2	308	857	45,3	52,9
Фрителла	6,2	13,8	305	825	49,2	59,8
Красавчик	6,5	11,1	308	658	47,4	59,3
Василек	9,2	22,1	350	1100	38,0	68,9
Надежда	5,7	16,7	218	938	38,2	56,2
Синеглазка	9,1	18,5	375	912	41,2	49,3
Маяк	7,1	19,0	308	1117	43,3	58,8
Ильинский	9,5	13,3	428	743	45,0	55,9
Купец	10,3	16,5	466	900	45,2	54,5
Рябинушка	8,4	10,2	420	615	50,0	60,3
Невский	7,7	14,6	350	775	45,5	53,1
Ноктюрн	6,3	13,3	333	812	52,8	61,0
Елизавета	6,2	15,2	333	812	48,9	53,4
Чародей	6,5	14,7	250	792	38,5	53,9
Каменский	7,5	14,0	355	641	47,3	45,8
Кузнечанка	6,4	12,0	270	670	42,2	55,8
Хозяюшка	6,5	13,9	275	717	42,3	51,9
Альвара	6,8	13,3	281	800	41,3	60,1
Брянский деликатес	8,1	14,3	361	800	45,3	55,9
Манифест	10,0	17,8	450	900	45,0	50,6
Дина	6,7	16,7	275	865	41,0	51,8
Зекура	8,8	14,5	408	897	46,4	61,9
Романо	8,0	12,0	337	640	42,1	53,3
Роко	6,7	12,0	283	702	42,2	58,5
Санте	8,7	18,3	418	883	48,0	48,3
Сантана	6,7	15,0	295	850	44,0	56,7
WR 808	6,8	14,6	242	685	35,9	46,9
Джелли	9,0	13,2	365	704	40,5	53,3
Родрига	7,3	12,7	267	654	36,5	51,5
Гала	9,5	16,3	403	742	42,4	45,5
Королева Анна	7,6	16,6	340	850	44,7	53,6
Адретта	6,5	13,2	244	610	37,5	46,2
Джелли	6,8	12,6	240	650	35,3	51,5
Инноватор	5,2	9,7	180	485	34,6	50,3

Примечание. I – северный регион; II – высокогорная зона.

РАЗДЕЛ 5. СЕМЕНОВОДСТВО КАРТОФЕЛЯ

Среди позднеспелых сортов в северных условиях выделились сорта Лорх, Луговской, Голубизна и Петербургский. Они сформировали от 6,2 до 8,2 клубней средней массой 53,5–58,2 г и общей массой одного клона 302–320 г. В высокогорье наибольшей продуктивностью характеризовались сорта Никулинский, Великан, Лорх, Фиолетовый и Криница. Она составила 885–986 г при коэффициенте размножения от 14,2 до 18,2 шт. (табл. 5).

Сравнительный анализ продуктивности позднеспелых сортов картофеля показывает, что в высокогорье показатели превышали северный регион в несколько раз: по количеству сформированных клубней – в 2,2–2,3 раза, общей массе одного клона – в 2,9–3,1 раза.

Таким образом, по результатам многолетнего мониторинга из раннеспелых сортов наиболее адаптивными для условий северного региона и высокогорья оказались сорта Удача, Лидер и Бриз. На общем фоне превышения показателей продуктивности в высокогорье у данных сортов коэффициент размножения был выше по сравнению с северным регионом в 1,7–2,3 раза, а по средней массе одного клона – в 1,9–2,7 раза. Средняя масса клубней в зависимости от региона возделывания варьировала незначительно и составила 45,1–49,7 шт. на севере и 48,1–57,6 – в высокогорье. Среди среднеранних сортов наиболее адаптивными для условий северного региона и высокогорья оказались сорта Купец, Манифест, Зекура и Санте.

Таблица 5 – Продуктивность базовых клонов среднеспелой и среднепоздней группы спелости, 2015–2020 гг.

Сорт	Группа спелости	Коэффициент размножения, шт.		Масса клубней, г/куст		Средняя масса клубня, г	
		I	II	I	II	I	II
Жигулевский	Среднеспелый	5,6	14,2	215	795	38,4	56,0
Фиолетовый	Среднеспелый	7,2	17,8	283	955	39,3	53,7
Барин	Среднеспелый	6,3	15,5	205	820	32,6	52,9
Варяг	Среднеспелый	6,0	18,0	250	905	41,2	50,3
Луговской	Среднеспелый	8,2	16,5	308	833	37,6	53,5
Великан	Среднеспелый	5,3	18,2	227	946	42,2	52,0
Тулеевский	Среднеспелый	7,2	12,8	288	616	40,0	48,1
Наяда	Среднеспелый	6,8	13,0	288	675	42,3	51,9
Накра	Среднеспелый	5,0	9,5	205	550	33,0	57,9
Петербургский	Среднеспелый	6,2	14,3	302	833	48,7	58,2
Колобок	Среднеспелый	7,2	14,3	288	816	40,0	57,1
Криница	Среднеспелый	6,5	15,3	260	885	40,0	57,8
Бафана	Среднеспелый	5,5	14,8	250	817	45,0	55,2
Скарб	Среднеспелый	6,2	14,2	253	800	40,1	56,3
Голубизна	Среднеспелый	6,3	14,5	305	817	48,4	56,3
Никулинский	Среднепоздний	7,6	14,2	290	986	38,1	51,3
Лорх	Среднепоздний	8,0	16,2	320	917	40,0	56,6
Журавинка	Среднепоздний	7,8	16,2	278	808	35,6	49,9
Агрива	Среднепоздний	7,0	16,2	275	850	39,2	52,5
Рагнеда	Среднепоздний	7,5	15,0	290	820	38,7	54,7
Атлант	Среднепоздний	7,2	13,8	270	800	37,5	58,0
Моцарт	Среднепоздний	6,0	14,3	250	800	41,6	55,9
Дидо	Среднепоздний	6,8	15,5	280	750	41,1	48,4
Леди Розетта	Среднепоздний	7,5	14,4	275	850	36,7	59,0

Примечание. I – Архангельская область; II – высокогорье.

РАЗДЕЛ 5. СЕМЕНОВОДСТВО КАРТОФЕЛЯ

Изучение продуктивности сортов картофеля в северном регионе и высокогорье с применением факторного анализа выявило в рамках каждой группы спелости по два фактора (F_1 и F_2). В северном регионе у сортов раннего срока созревания по знакам и высоким факторным нагрузкам F_1 (65,0 %) от общей дисперсии показало присутствие прямой зависимости между коэффициентом размножения и массой сформированных клубней (0,821–0,995). В высокогорье тесная взаимосвязь между изученными переменными (0,917–0,983) установлена на уровне 62,8 % от общей дисперсии (табл. 6).

По результатам проведенного анализа выявлено, что продуктивность растений в северном регионе и высокогорной зоне определяется в большей степени коэффициентом размножения (0,983–0,995), чем средней массой одного клубня. Высокие значения факторных нагрузок F_2 переменной «средняя масса клубня» (0,999 и 0,998) свидетельствуют о независимом характере ее проявления у изученных сортов.

Аналогичные результаты получены при проведении факторного анализа с использованием сортов картофеля среднеранней группы спелости. Приведенные в таблице 7 данные показывают, что по знакам и высоким факторным нагрузкам F_1 установлена прямая связь между коэффициентом размножения (0,976 и 0,986) и массой клубней одного клона (0,924 и 0,931) при выращивании сортов в различных агроклиматических зонах.

Результаты анализа, в котором использовались сорта среднеспелой и среднепоздней группы спелости, также подтверждают присутствие тесной взаимосвязи между переменными «коэффициент размножения» (0,928–0,995) и «масса клубней» (0,845–0,968) при выращивании сортов картофеля в различных агроклиматических зонах (табл. 8). Согласно полученным данным, тесная взаимосвязь между изученными переменными установлена для факторной нагрузки F_1 в северном регионе на уровне 68,0 % от общей дисперсии и в высокогорье на уровне 61,6 %.

Таким образом, на основе применения факторного анализа для определения взаимосвязей между изученными переменными у сортов различных сроков созревания в северном регионе и высокогорье выявлено, что по знакам и высоким абсолютным факторным нагрузкам F_1 установлена прямая зависимость между коэффициентом размножения и массой клубней. Экологические факторы различных зон выращивания

Таблица 6 – Результаты факторного анализа раннеспелых сортов картофеля в различных регионах выращивания, 2015–2020 гг.

Переменная	Факторные нагрузки			
	F_1 (65,0 %)	F_2 (34,6 %)	F_1 (62,8 %)	F_2 (37,0 %)
	Северный регион		Высокогорье	
Коэффициент размножения, шт.	0,995	-0,081	0,983	-0,176
Масса клубней, г/куст	0,821	0,565	0,917	0,396
Средняя масса клубня, г	0,038	0,998	0,039	0,999

Таблица 7 – Результаты факторного анализа среднеранних сортов картофеля

Переменная	Факторные нагрузки			
	F_1 (62,0 %)	F_2 (37,7 %)	F_1 (65,0 %)	F_2 (33,3 %)
	Северный регион		Высокогорье	
Коэффициент размножения, шт.	0,976	-0,200	0,986	-0,088
Масса клубней, г/куст	0,924	0,378	0,931	0,329
Средняя масса клубня, г	0,031	0,999	0,079	0,995

РАЗДЕЛ 5. СЕМЕНОВОДСТВО КАРТОФЕЛЯ

Таблица 8 – Результаты факторного анализа среднеспелых и среднепоздних сортов картофеля

Переменная	Факторные нагрузки			
	F ₁ (68, 0 %)	F ₂ (30, 9 %)	F ₁ (61, 6 %)	F ₂ (35, 1 %)
	Северный регион		Высокогорье	
Коэффициент размножения, шт.	0,995	-0,027	0,928	-0,301
Масса клубней, г/куст	0,845	0,521	0,968	0,145
Средняя масса одного клубня, г	0,095	0,998	0,047	0,994

также обуславливают существенные различия между сортами по показателю переменной «средняя масса клубня».

По результатам проводимой оценки базовых клонов в различных природно-климатических регионах отмечено, что продуктивность растений прежде всего зависела от биологических особенностей. Раннеспелые и среднеранние сорта картофеля характеризовались ранним формированием урожая клубней. Такие растения способны формировать хорошую продуктивность независимо от зоны возделывания, тем не менее в южном регионе на этих сортах урожайность возрастает в два и более раза. Для сортов более поздних групп спелости ареал распространения зависит от природно-климатического фактора зоны возделывания.

Интерпретация полученных данных позволяет отметить, что в условиях вертикальной зональности проведение улучшающего отбора, направленного главным образом в сторону получения высокого коэффициента размножения растений, позволяет получить высокопродуктивные базовые клоны для дальнейшего их использования в качестве исходного материала и введения в культуру ткани. Размещение питомника БЗСК в условиях высокогорья позволяет сохранить биологический потенциал сортов и систематически получать новые высокопродуктивные линии *in vitro* для использования в реализации семеноводческих программ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты исследований дают основание утверждать, что проведение всесторонней оценки растений в полевых условиях, где минимизирован уровень переносчиков вирусов и инфекционных очагов, в сочетании с отбором наиболее продуктивных базовых клонов является важным технологическим элементом, позволяющим сохранить сортовые ресурсы картофеля. На рост, развитие и клубнеобразование растений существенное влияние оказали долгота дня в северном регионе и высокое количество часов солнечного сияния в высокогорье. Присутствие длинного светового дня привело к увеличению межфазных периодов, особенно в период бутонизации. В условиях высокогорья фаза бутонизации наступила на 7–10 дней раньше, чем в северной зоне.

Клубнеобразование зависело от природно-климатического фактора, в высокогорье коэффициент размножения растений возрос по сравнению с северной зоной в 1,2–2,3 раза, при этом наибольшее превышение отмечено у сортов позднего срока созревания. Превышение массы клубней у сортов ранней и среднеранней групп спелости по сравнению с северной зоной составило 1,9–2,7 раза, у сортов более позднего срока – 2,9–3,1 раза. Поддержание сортообразцов картофеля в питомниках БЗСК в чистых фитосанитарных условиях высокогорья позволяет отбирать высокопродуктивные базовые клоны, тщательно оцененные в отношении сортотипичности и выраженности основных сортоотличительных признаков, характеризующихся

многоклубневостью и выровненностью урожая клубней. Размещение БЗСК в высокогорье является эффективным технологическим инструментом, позволяющим наряду с поддержанием коллекции сортов в здоровом состоянии оценить их потенциальную продуктивность.

Список литературы

1. Development of low cost technology for *in vitro* mass multiplication of potato (*Solanum tuberosum* L.) / E. P. Venkatasalam [et al.] // African Journal of Agricultural Research. – 2013. – Vol. 8, № 49. – P. 6375–6382. – DOI: 10.5897/AJAR2013.715.
2. Application of tissue culture techniques in potato / T. Morais [et al.] // Bioscience Journal. – 2018. – Vol. 34, № 4. – P. 952–969.
3. Recent advances in virus elimination and tissue culture for quality potato seed production. / P. Naik [et al.] // Biotechnologies of crop improvement. – Cham. Springer, 2018. – Vol. 1. – P. 131–158.
4. Sarkar, D. Slow-growth conservation of potato microplants: efficacy of ancymidol for long-term storage *in vitro* / D. Sarkar, S. K. Chakrabarti, P. S. Naik // Euphytica. – 2001. – Vol. 117. – P. 133–142.
5. Harding, K. The methylation status of dna-derived from potato plants recovered from slow-growth / K. Harding // Plant cell tissue and organ culture. – 1994. – Vol. 37, № 1. – P. 31–38.
6. Gong, H. Major *in vitro* techniques for potato virus elimination and post eradication detection methods: a review / H. Gong, C. Igiraneza, L. Dusengemungu // American Journal of Potato Research. – 2019. – Vol. 96. – P. 379–389.
7. Демчук, И. В. Изменение свойств оздоровленных клоновых линий сортов картофеля в зависимости от длительности культивирования *in vitro* / И. В. Демчук, Е. Н. Петренко, Н. М. Зарицкий // Картофелеводство : сб. науч. тр. / Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству ; редкол.: В. Г. Иванюк (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2008. – Т. 16. – С. 56–66.
8. Биотехнология растений: культура клеток / Г. П. Болвелл [и др.] ; пер. с англ. В. И. Негрука ; под ред. и с предисл. Р. Г. Бутенко. – М. : Агропромиздат, 1989. – 280 с.
9. Жизнеспособность растений картофеля *in vitro*. Анализ проблемы и методика оценки / В. Г. Реуцкий [и др.] // Картофелеводство : сб. науч. тр. / Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству ; редкол.: В. Г. Иванюк (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2007. – Т. 15. – С. 93–104.
10. Трускинов, Э. В. Вирусологическая оценка мировой коллекции картофеля / Э. В. Трускинов, Д. В. Фролова // Вестн. защиты растений. – 2002. – № 1. – С. 22–26.
11. Трускинов, Э. В. Меристемный картофель: особенности и проблемы получения и использования / Э. В. Трускинов, Д. В. Фролова // Материалы Междунар. юбилейной науч.-практ. конф., посвящ. 75-летию Ин-та картофелеводства НАН Беларуси. – Минск, 2003. – Ч. 1. – С. 322–329.
12. Рябушкина, Н. А. Клональная и микроклональная изменчивость / Н. А. Рябушкина // Биотехнология. Теория и практика. – 2014. – № 2. – С. 17–27.
13. Формирование и поддержание банка здоровых сортов картофеля в полевой культуре и чистых фитосанитарных условиях / Е. В. Овэс [и др.] // Картофелеводство : сб. науч. тр. / Методы биотехнологии в селекции и семеноводстве картофеля : материалы Междунар. науч.-практ. конф., Москва, 7 июля – 9 июля 2014 г. / Всерос. НИИ картоф. хоз-ва им. А. Г. Лорха. – М. : ВНИИКХ, 2014. – С. 117–128.

14. Особенности морфогенеза *in vitro* и оценка фенотипической идентичности сортовых признаков картофеля / Е. В. Овэс [и др.] // Картофель и овощи. – 2018. – № 3. – С. 10–14.
15. The influence of environmental factors of the northern and high-mountain territories on the formation of the yield of tubers of early-maturing potato varieties / E. V. Oves [et al.] // Journal of Complementary Medicine Research. – 2021. – Vol. 12, № 1. – P. 155–159.
16. Assessing changes in the genetic diversity of potato gene banks. 1. Effects of seed increase / A. H. DelRio [et al.] // Theoretical and applied genetics. – 1997. – Vol. 95, № 1–2. – P. 199–204.
17. *Ex Situ* Conservation Priorities for the Wild Relatives of Potato (*Solanum* L. Section Petota) / A. Castaneda [et al.] // Plos One. – 2015. – Vol. 10, № 4. – DOI:10/1371/journal/pone0122599.
18. Intraclonal selection for improved processing of NB «Russet Burbank» potato / A. M. Nassar [et al.] // American Journal of Potato Research. – 2011. – Vol. 88. – P. 387–397.
19. Мастенбрук, И. Система производства семенного картофеля в Голландии / И. Мастенбрук // Материалы Белорусско-Нидерландского семинара по картофелеводству. – Минск, 1998. – С. 36–41.
20. Совершенствование вирусологического контроля в процессе формирования и поддержания банка здоровых сортов картофеля / Б. В. Анисимов [и др.] // Картофельводство : сб. науч. тр. / Материалы координац. совещания и науч.-практ. конф., посвящ. 120-летию со дня рождения А. Г. Лорха / Рос. акад. с.-х. наук, Всерос. НИИ картоф. хоз-ва им. А. Г. Лорха ; под. ред. Е. А. Симакова. – М., 2009. – С. 188–192.
21. Технологический процесс последовательных этапов выращивания семенного картофеля высших категорий качества : методическое руководство / Е. В. Овэс [и др.]. – М. : ФГБНУ «ФИЦ картофеля имени А. Г. Лорха», 2021. – 57 с.
22. Эффективность сочетания полевого отбора с культурой *in vitro* при производстве качественного семенного материала картофеля / А. И. Адамова [и др.] // Картофельводство : сб. науч. тр. / Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству ; редкол.: В. Г. Иванюк (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2008. – Т. 14. – С. 14–19.
23. Struik, P. C. Seed potato technology / P. C. Struik, S. G. Wiersema. – Wageningen : Wageningen Pers, 1999. – 382 p.
24. Анисимов, Б. В. Зоны для элитного семенного картофеля / Б. В. Анисимов, Л. А. Смирнова // Информац. бюл. М-ва сельского хоз-ва РФ. – 2015. – № 5. – С. 36–39.
25. Полухин, Н. И. Возможность использования высокогорных районов Республики Алтай для выращивания оздоровленного исходного материала картофеля / Н. И. Полухин, И. Г. Бокина // Биоразнообразие, проблемы экологии Горного Алтая и сопредельных регионов: настоящее, прошлое, будущее : материалы II Междунар. конф., Горно-Алтайск, 20–24 сент. 2010 г. – Горно-Алтайск : РИР ГАГУ, 2010. – С. 227–230.
26. Гериева, Ф. Т. Тли – переносчики вирусной инфекции семенного картофеля на Северном Кавказе / Ф. Т. Гериева, З. А. Балиева, С. С. Басиев // Защита и карантин растений. – 2014. – № 12. – С. 18–19.
27. Применение различных технологий выращивания мини-клубней в условиях высокогорья / И. С. Карданова [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, 2018. – С. 272–280.

28. Давудов, М. Д. Распространение вирусных болезней картофеля в условиях высокогорья / М. Д. Давудов // Защита и карантин растений. – 2020. – № 10. – С. 45–46.

29. Сердеров, В. К. Семеноводство картофеля в горных условиях Республики Дагестан / В. К. Сердеров, Б. К. Атамов, Д. В. Сердерова // Горное сельское хозяйство. – 2019. – № 4. – С. 94–98.

30. Методическое положение по проведению отбора свободных от фитопатогенов базовых клонов в чистых фитосанитарных условиях северного региона и высокогорной зоны юга Российской Федерации / Е. В. Овэс [и др.]. – М. : ВНИИКХ, 2013. – 17 с.

31. Ковалева, О. А. Стимуляция роста, развития и повышения урожайности картофеля искусственным ультрафиолетовым облучением / О. А. Ковалева // Актуальные проблемы агрономии и пути их решения. – 2005. – Вып. 1. – Ч. 1. – С. 37–39.

32. Влияние искусственного солнечного света на рост и развитие регенерантов *Solanum tuberosum* / Е. П. Субботин [и др.] // Turczaninowia. – 2018. – № 21 (2). – С. 32–39.

33. Динамика фотосинтетических процессов в условиях переменного спектрального облучения растений / Ю. Ц. Мартиросян [и др.] // Сельскохозяйственная биология. – 2019. – Т. 54. – № 1. – С. 130–139.

Поступила в редакцию 23.09.2021 г.

E. V. OVES, N. A. GAITOVA

THE YIELD OF POTATO VARIETIES WHILE MAINTAINING A FIELD COLLECTION IN THE NORTHERN REGION AND HIGHLANDS

SUMMARY

The article studied the passage of interstage periods and the yield formation of tubers of 93 potato varieties with different ripening periods. The selection of base clones was carried out in northern and southern conditions of Primorsky District in Arkhangelsk Oblast and the highlands of the North Caucasus at an altitude of 2 300–2 500 m above sea level. The growth, development and formation of tubers was significantly influenced by the length of day in the northern region and long sunshine hours in the highlands. The multiplication coefficient of plants in the highlands increased by 1.2–2.3 times compared to the northern region, while the highest increase was observed in late-ripening varieties. The weight of tubers of the early and mid-early ripening varieties was exceeded by 1.9–2.7 times compared with the northern region; the weight of the later period varieties was exceeded by 2.9–3.1 times.

Key words: potatoes, healthy potato bank, base clones, plant growth and development, productivity, northern region, highlands.

**А. И. Попкович, В. А. Козлов, В. В. Анципович,
Е. В. Радкович, Н. А. Анципович**

РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук
Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству»,
аг. Самохваловичи, Минский район
E-mail: semena_bulba@tut.by

ВЛИЯНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ИЗОЛЯЦИИ И СПОСОБОВ ЗАЩИТЫ ОТ ТЛЕЙ НА НАКОПЛЕНИЕ ВИРУСНОЙ ИНФЕКЦИИ В ПРОЦЕССЕ ПОЛЕВОГО РЕПРОДУЦИРОВАНИЯ СЕМЕННОГО КАРТОФЕЛЯ

РЕЗЮМЕ

В статье представлены результаты исследований за 2017–2020 гг. по изучению влияния препаратов на основе минерального масла на накопление вирусной инфекции в процессе репродуцирования семенного картофеля с учетом различной пространственной изоляции от личных подсобных хозяйств (ЛПХ). Полученные данные показали, что минеральное масло SunSpray 11E, Препарат 30 Плюс на основе минерального масла при соблюдении соответствующей для категории размножения картофеля пространственной изоляции, независимо от сорта, позволяет увеличить выход семенного картофеля, соответствующего требованиям нормативных документов, путем сдерживания распространения вирусной инфекции на растениях картофеля.

Ключевые слова: семеноводство, картофель, урожайность, семенная фракция, вирусы, минеральное масло SunSpray 11E, Препарат 30 Плюс, Актара.

ВВЕДЕНИЕ

Потепление климата привело к изменению распространенности и структуры популяций вирусных болезней. Значительно возросла афидофауна на картофеле. Проявились новые виды тлей – переносчиков вирусных болезней, которые раньше в посадках картофеля не встречались. В производстве возделываются новые сорта картофеля с различной степенью устойчивости к вирусным болезням. Все эти факторы определили необходимость изучения сроков и способов удаления ботвы на картофеле в современных условиях [1–5].

Целью исследования являлось определение влияния пространственной изоляции и способов защиты от тлей на накопление вирусной инфекции в процессе полевого репродуцирования семенного картофеля.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Исследования проводили в 2017–2020 гг. на опытном поле отдела семеноводства картофеля РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству».

Объектами исследований являлись сорта картофеля: среднеранней группы спелости – Манифест, среднеспелой – Янка, среднепоздней – Вектар. Сорта картофеля Манифест и Янка обладают высокой устойчивостью к вирусам X, Y, L и средней

устойчивостью к вирусу М. Сорт Янка менее устойчив к вирусу S, чем сорт Манифест. Сорт Вектар высокоустойчив к вирусам X, M, Y и среднеустойчив к вирусам S и L.

Определение латентной зараженности вирусами X, Y, S, M, L, A осуществлялось в фазу цветения растений картофеля методом ИФА в лаборатории иммунодиагностики картофеля РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству».

Оценку урожая и его структуры проводили путем взвешивания и подсчета клубней на каждой делянке отдельно по всем повторностям в первой-второй декаде сентября. Рассчитывали количество клубней на один куст и массу клубней с одного куста, фракционный состав (%) и коэффициент размножения согласно Методике исследований по культуре картофеля [6].

Варианты опыта:

Способ защиты от тли.

1. Контроль – без обработки;
2. Обработка химическим препаратом Актара (0,06–0,08 кг/га);
3. Обработка препаратом на основе минерального масла SunSpray 11E (3,0 л/га);
4. Обработка инсектоакарицидом Препарат 30 Плюс (30,0 л/га).

Пространственная изоляция от ЛПХ, садов, ягодников и других источников вирусной инфекции:

1. 100 м; 2. 250 м; 3. 500 м.

Для объективной оценки накопления вирусной инфекции по годам репродуцирования в 2017 г. семенные клубни отбирали из питомника предварительного размножения.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Наиболее интенсивное окрыление и разлет тлей происходит при температуре верхней поверхности листьев 18–20 °С, особенно в утренние часы при безветренной погоде. Для лета наиболее благоприятная дневная температура воздуха 20–23 °С. С повышением температуры интенсивность и дальность лета насекомых уменьшаются, а при 30 °С и выше лет прекращается. Также лет тлей прекращается при относительной влажности воздуха ниже 70 %, температуре ниже 13 °С, а при относительной влажности воздуха 24–33 % и температуре 15–17 °С бескрылые формы тли погибают.

За вегетационный период 2017 г. нами был проведен учет лета крылатых особей тлей. В результате проведенного мониторинга на всех трех участках начало лета зафиксировано 08.07, массовый лет – с 16.07 по 28.07, максимальное количество особей на участках с отдаленностью 100 и 250 м от сада интенсивного типа возделывания отмечено 24.07. На участке в 100 м оно составило 71 шт. на сосуд Мерике, а на участке в 250 м – 94 шт. На опытном участке с пространственной изоляцией 500 м от сада максимальное количество крылатых тлей на 27.07 составило 66 шт. на сосуд Мерике. С первой декады августа при снижении среднемесячной температуры наблюдалось постепенное снижение интенсивности лета тлей, а позже совсем прекратилось (рис. 1).

В 2018 г. начало лета крылатых особей тлей на опытном участке севооборота № 1 д. Озеро зафиксировано 22.06. По сравнению с предыдущим годом начало лета, а следовательно, и все остальные периоды наступили на 7–16 дней раньше. Климатические условия в данный период сложились таким образом, что наиболее благоприятные температуры для лета тлей были в первой и третьей декадах июля, массовый лет – с 06.07 по 25.07. На участках с пространственной изоляцией в 100 и 250 м от сада интенсивного типа возделывания и ЛПХ максимальное количество крылатых особей отмечалось 16.07 и составило 124 и 104 шт. на сосуд Мерике соответственно.

РАЗДЕЛ 5. СЕМЕНОВОДСТВО КАРТОФЕЛЯ

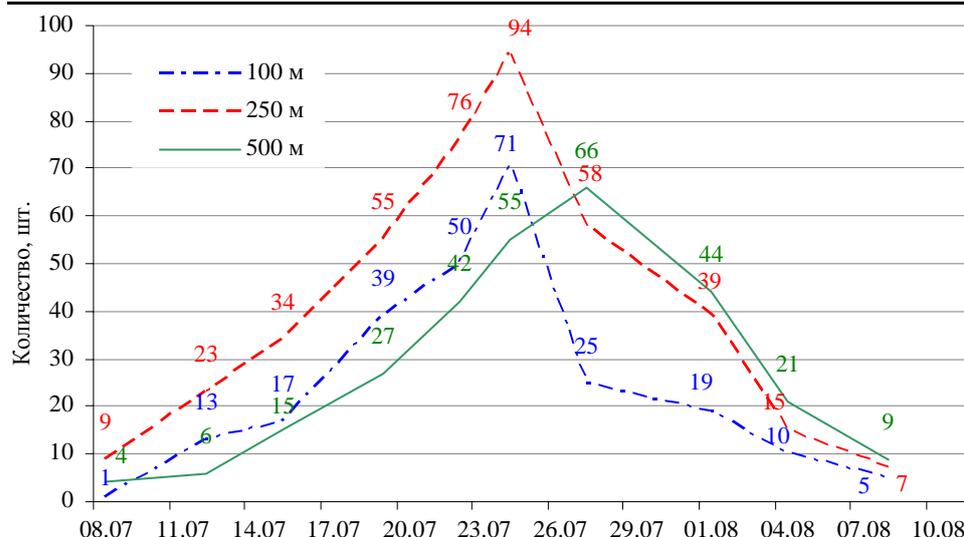


Рисунок 1 – Динамика лета крылатых особей тлей на опытных участках севооборота № 1 отдела семеноводства картофеля в 2017 г. (д. Озеро, Узденский р-н), шт.

На опытном участке, расположенном на расстоянии 500 м от сада интенсивного типа возделывания и ЛПХ, максимальное количество крылатых тлей на 20.07 составило 83 шт. на сосуд Мерике. При снижении среднесуточной температуры в третьей декаде июля и первой декаде августа лет тлей начал постепенно снижаться, а позже во второй декаде августа и вовсе прекратился (рис. 2).

В 2019 г. начало лета крылатых особей тлей на опытном участке севооборота № 1 д. Озеро зафиксировано 13.06. По сравнению с предыдущими годами начало лета, а следовательно, и все остальные периоды наступили на 10–20 дней раньше. В июне, особенно во вторую декаду, остро ощущался дефицит влаги при среднесуточной

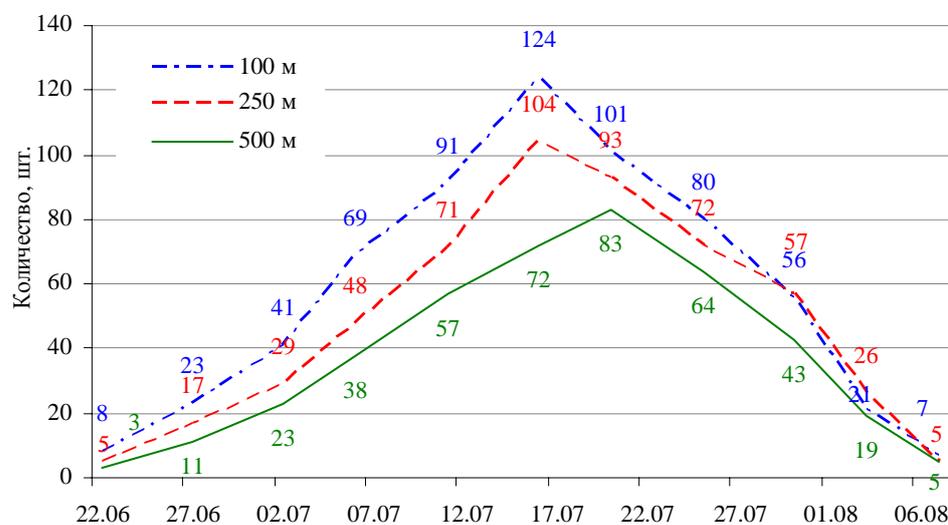


Рисунок 2 – Динамика лета крылатых особей тлей на опытных участках севооборота № 1 отдела семеноводства картофеля в 2018 г. (д. Озеро, Узденский р-н), шт.

температуре воздуха 20–22 °С. С начала третьей декады июня и до конца второй декады июля с повышением средней температуры воздуха до 24 °С интенсивность лета тлей увеличилась, а с третьей декады июля при снижении среднесуточной температуры воздуха до 18 °С и выпадении осадков количество тлей стало снижаться. На участках с пространственной изоляцией в 100 и 250 м от сада интенсивного типа возделывания и ЛПХ максимальное количество крылатых особей отмечалось 12.07. Оно составило 131 и 102 шт. на сосуд Мерике соответственно. На опытном участке, распложенном на расстоянии 500 м от сада интенсивного типа возделывания и ЛПХ, максимальное количество крылатых тлей на 17.07 составило 83 шт. на сосуд Мерике (рис. 3).

В 2020 г. начало лета крылатых особей тлей на опытном участке севооборота № 1 д. Озеро зафиксировано 10.06. По сравнению с 2017 и 2018 гг. начало лета, а следовательно, и все остальные периоды наступили, как и в 2019 г., на 10–20 дней раньше. В июне, особенно во вторую декаду, остро ощущался дефицит влаги при средней температуре воздуха 21–23 °С. С начала третьей декады июня и по конец второй декады июля с повышением средней температуры воздуха до 25 °С интенсивность лета тлей увеличилась, а с третьей декады июля при снижении средней температуры воздуха до 18 °С и выпадении осадков количество тлей пошло на уменьшение. На участках с пространственной изоляцией в 100, 250 и 500 м от сада интенсивного типа возделывания и ЛПХ максимальное количество крылатых особей отмечалось с 09.07 по 17.07. Оно составило 129, 107 и 93 шт. на сосуд Мерике соответственно. Уменьшение лета крылатых особей тлей зафиксировано с 22.07 и на момент начала второй декады августа лет тлей прекратился (рис. 4).

Помимо учета динамики лета тлей оценивался и их видовой состав. Мониторинг тли в посадках картофеля показал что, в популяциях крылатых тлей наибольшая численность отловленных особей относится к таким видам, как: крушинная тля (*Aphis nasturtii* Kalt.), крушинниковая (*A. Frangulae* Kalt.), большая картофельная (*Macrosiphum solanifolii* Ashm.), черная бобовая (*Aphis fabae* Scop.), яблонная зеленая (*Aphis pomi*) и зеленая персиковая тли (*Myzodes persicae* Sulz). Колонии бескрылой тли на растениях картофеля не встречались.

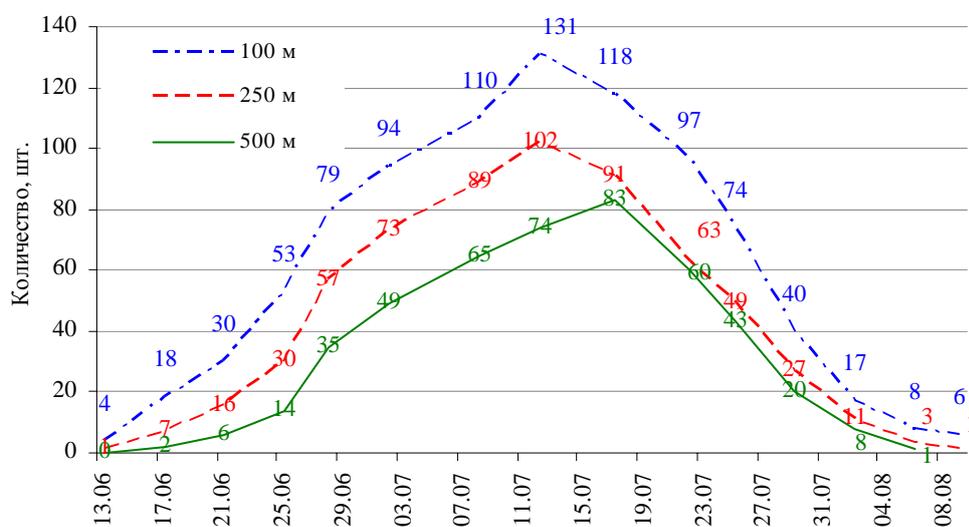


Рисунок 3 – Динамика лета крылатых особей тлей на опытных участках севооборота № 1 отдела семеноводства картофеля в 2019 г. (д. Озеро, Узденский р-н), шт.

РАЗДЕЛ 5. СЕМЕНОВОДСТВО КАРТОФЕЛЯ

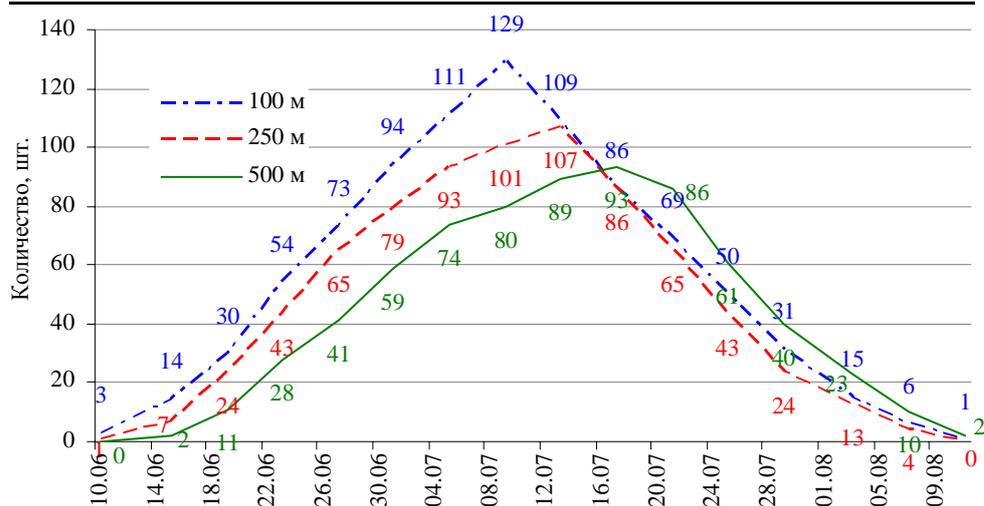


Рисунок 4 – Динамика лета крылатых особей тлей на опытных участках севооборота № 1 отдела семеноводства картофеля в 2020 г. (д. Озеро, Узденский р-н), шт.

Интенсивность лета переносчиков в большей степени зависит от погодных условий, особенно температуры воздуха. В местных условиях наивысшая интенсивность лета наблюдалась при среднесуточной температуре воздуха 20–22 °С и без осадков. При повышении или понижении температуры воздуха, пониженной или слишком высокой относительной влажности воздуха, туманах, обильных росах интенсивность лета крылатой тли снижалась.

За четыре года наблюдений на опытном участке с пространственной изоляцией в 100 метров наибольший удельный вес от общего количества тлей на сосуд Мерике занимали большая картофельная (*Macrosiphum solanifolii* Ashm.) 27–50 %, крушинная (*Aphis nasturtii* Kalt.) 22–35 и крушинниковая (*A. Frangulae* Kalt.) 15–29 %. В небольшом количестве отмечены такие виды, как черная бобовая (*Aphis fabae* Scop.) до 7 %, яблонная зеленая (*Aphis pomi*) от 1 до 6 и зеленая персиковая тля (*Myzodes persicae* Sulz) до 3 % (рис. 5).

На участке с пространственной изоляцией в 250 м было определено пять видов тлей. Наибольший процент от общего количества занимала большая картофельная тля (*Macrosiphum solanifolii* Ashm.) от 23 до 63 %. В разрезе лет наблюдения наибольший процент большой картофельной тли был установлен в 2018 г.

Доля, занимаемая крушинной (*Aphis nasturtii* Kalt.) и крушинниковой (*A. Frangulae* Kalt.) тлями, составляла от 18 до 35 и от 13 до 30 % соответственно. На долю остальных двух представленных видов черной бобовой (*Aphis fabae* Scop.) и яблонной зеленой (*Aphis pomi*) приходилось от 1 до 15 % (рис. 6).

Для правильного размещения посадок и ведения семеноводства картофеля высоких категорий важно максимально тщательно проводить защитные мероприятия от переносчиков вирусных инфекций не только с использованием химических препаратов, но и в том числе агротехнические мероприятия. Поэтому осуществлялось изучение видового состава тлей и на участке с пространственной изоляцией в 500 м. Исследования показали, что наибольший процент от общего количества особей принадлежал большой картофельной тле (*Macrosiphum solanifolii* Ashm.) от 19 до 35 %. Крушинная тля (*Aphis nasturtii* Kalt.) занимала от 25 до 31 %, крушинниковая (*A. frangulae* Kalt.) –

РАЗДЕЛ 5. СЕМЕНОВОДСТВО КАРТОФЕЛЯ

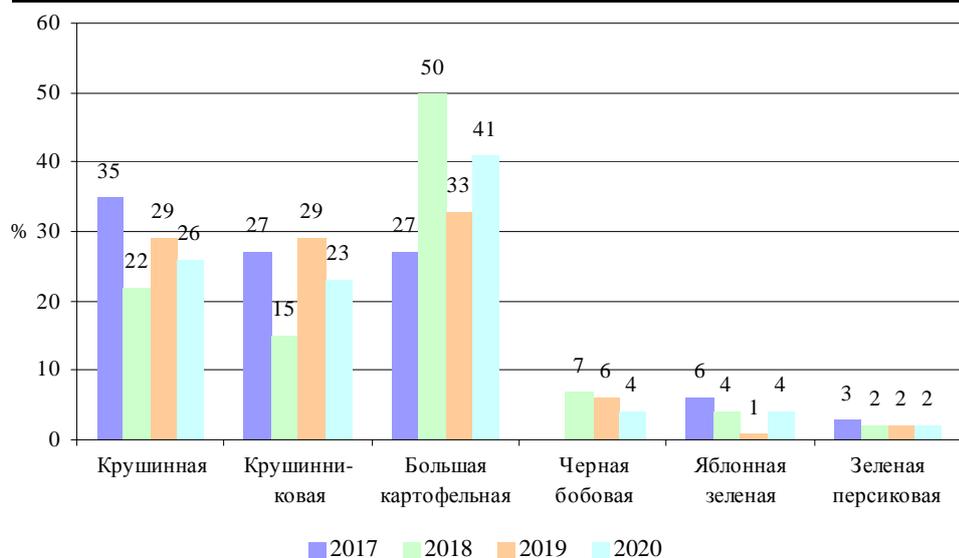


Рисунок 5 – Доля основных видов тлей-переносчиков вирусной инфекции от общего количества отловленных особей на участке с пространственной изоляцией 100 м, 2017–2020 гг.

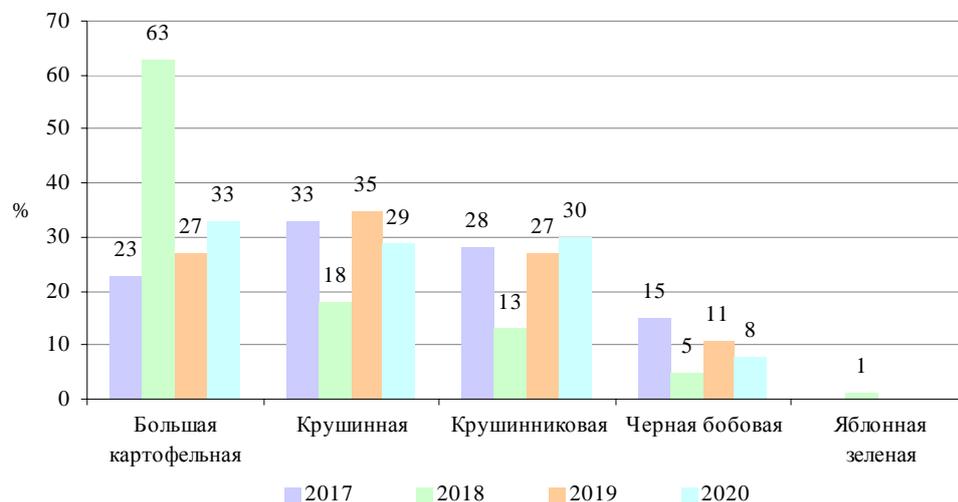


Рисунок 6 – Доля основных видов тлей-переносчиков вирусной инфекции от общего количества отловленных особей на участке с пространственной изоляцией 250 м, 2017–2020 гг.

от 9 до 21 и черная бобовая тля (*Aphis fabae Scop.*) – от 9 до 14 %. Также на данном участке нами была обнаружена обыкновенная картофельная тля – от 15 до 20 % в разные годы исследований соответственно (рис. 7).

В целом за годы наблюдений численность крылатых особей тлей не превысила критического порога. В условиях 2020 г. впервые за период наблюдений были отмечены растения, пораженные вирусами в скрытой форме у сорта Манifest на участке с пространственной изоляцией в 100 м. У сорта Янка вирусная инфекция возросла

РАЗДЕЛ 5. СЕМЕНОВОДСТВО КАРТОФЕЛЯ

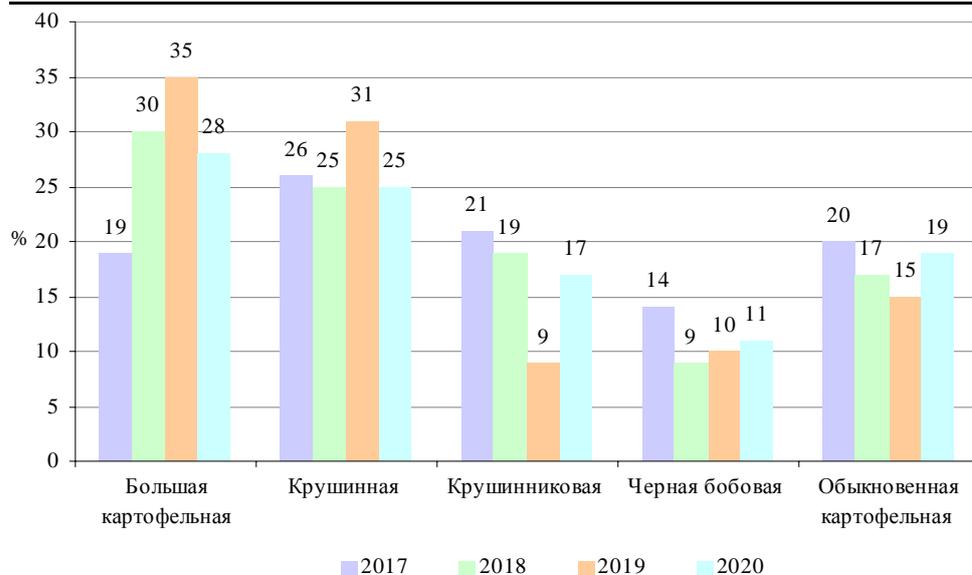


Рисунок 7 – Доля основных видов тлей-переносчиков вирусной инфекции от общего количества отловленных особей на участке с пространственной изоляцией 500 м, 2017–2020 гг.

на 5,0 % по отношению к предыдущему году на участке в 100 м и на 2,5 % на участке с отдаленностью от источников размножения тли в 250 м. Инфицированность сорта Вектар возросла по отношению к 2019 г. на участках в 250 и 100 м на 2,5–5,0 % соответственно и составила от 17,5 до 22,5 %.

За четыре года исследований наибольшее количество растений, пораженных вирусами в латентной форме, было на участке с пространственной изоляцией в 100 м (табл. 1).

Способы защиты от тли существенно повлияли на накопление зараженности вирусами X, Y, S, M, L, A. У сорта Манифест в контрольном варианте на второй год исследований обнаружены 2,5 % растений, пораженных вирусами S и M, на участке

Таблица 1 – Пораженность вирусами и урожайность сортов Манифест, Янка, Вектар в зависимости от пространственной изоляции, 2017–2020 гг.

Вариант	Пораженность вирусами, ИФА, %				Урожайность, т/га			
	2017 г. ССЭ	2018 г. СЭ	2019 г. Элита	2020 г. РС-1	2017 г. ССЭ	2018 г. СЭ	2019 г. Элита	2020 г. РС-1
Манифест								
100 м	0	7,5	15,0	20,0	45,2	47,9	47,2	41,3
250 м	0	0	5,0	5,0	44,9	47,3	47,3	42,9
500 м	0	0	0	0	44,0	47,5	49,0	42,0
Янка								
100 м	0	5,0	10,0	15,0	44,7	45,5	44,4	41,7
250 м	2,5	5,0	7,5	10,0	43,9	45,2	45,8	41,2
500 м	2,5	2,5	2,5	2,5	42,3	45,0	43,5	41,8
Вектар								
100 м	2,5	7,5	17,5	22,5	45,5	47,0	46,1	41,3
250 м	10,0	10,0	15,0	17,5	45,2	47,4	45,5	40,6
500 м	0	12,5	12,5	12,5	45,0	46,7	48,7	41,8

Примечание. ССЭ – супер-суперэлита; СЭ – суперэлита; РС-1 – 1-я репродукция.

с пространственной изоляцией 100 м, а на участке удаленностью в 250 м от ЛПХ инфицированных растений не выявлено. У сорта Янка на участках с пространственной изоляцией 100 м отмечено распространение вирусной инфекции со второго года исследований (СЭ 2018 г.) с 2,5 до 15,0 %, на участке в 250 м – с первого года наблюдений (ССЭ 2017 г.) – с 2,5 до 10,0 %. На участке с пространственной изоляцией 500 м выявлено 2,5 % инфицированных растений в первый год наблюдений, но за весь период наблюдений распространения инфекции не выявлено. У растений картофеля сорта Вектар на участке 100 м доля зараженных растений ежегодно возрастала на 5–10 %: начиная с ССЭ 2017 г. с 2,5 до 22,5 %. На участке 500 м на этапе размножения СЭ (2018 г.) отмечено резкое увеличение количества инфицированных растений – 12,5 %, однако дальнейшего распространения вирусной инфекции не установлено, количество зараженных растений находилось на самом низком уровне по отношению к показателям на других участках в пределах фактора «сорт».

В вариантах с обработками количества инфицированных растений сохранялось на одном уровне как при использовании инсектицида, так и при обработке минеральными маслами. За период исследований количество инфицированных растений в указанных вариантах опыта отмечено на уровне 2,5–10,0 %, в то время как на контроле оно возросло на 5,0–22,5 %.

Анализ данных позволяет утверждать, что препараты на основе минеральных масел на фоне соблюдения соответствующей категории размножения картофеля пространственной изоляции оказывают сдерживающий эффект на распространение вирусной инфекции, что дает возможность снизить химическую нагрузку на посадки картофеля и окружающую среду (табл. 2).

Из таблицы видно, что при визуальной оценке растений с явными признаками поражения вирусными болезнями не обнаружено.

На участках с разной пространственной изоляцией в 2020 г. урожайность сорта Манифест в контроле составила 41,3–42,9 т/га, Янка – 41,2–41,8, Вектар – 40,6–41,8 т/га, в вариантах с применением химических препаратов у сорта Манифест – 42,5–44,0 т/га, Янка – 42,2–44,0 и Вектар – 41,1–43,5 т/га. Средняя урожайность за четыре года в контрольном варианте на исследуемых сортах варьировала от 41,3 до 43,5 т/га, а в вариантах с применением препаратов – от 42,3 до 45,9 т/га.

Обработка препаратом на основе минерального масла SunSprey 11E способствовала незначительному росту урожайности сортов Манифест, Янка, Вектар, но в то же время она достоверно не превышала контроль и другие варианты опыта, то есть находилась в пределах ошибки опыта. Достоверной прибавки урожая от обработок препаратами Актара и 30 Плюс по отношению к контролю отмечено не было.

Оценка структуры урожая показала, что прямой зависимости выхода семенной фракции от обработок препаратами не наблюдалось. В зависимости от сорта количество клубней размером 30–60 мм в условиях 2020 г. не превышало 62,6–71,6 % (табл. 3).

Анализ многолетних данных свидетельствует, что влияние пространственной изоляции на урожайность сортов Манифест, Янка и Вектар было незначительным, изменение урожайности в основном зависело от особенностей сорта (группа спелости, потенциал сорта), но не от месторасположения участков.

Оценка структуры урожая показала, что прямой зависимости выхода семенной фракции от обработок препаратами не наблюдалось. Количество инфицированных растений в вариантах с обработками оставалось на одном уровне в течение всего периода исследований, распространение вирусной инфекции в посадках изучаемых сортов картофеля не выявлено.

РАЗДЕЛ 5. СЕМЕНОВОДСТВО КАРТОФЕЛЯ

Таблица 2 – Степень поражения растений картофеля вирусной инфекцией в скрытой форме в зависимости от обработки против тлей препаратами инсектицидного действия и минеральными маслами, ИФА, 2020 г.

Пространственная изоляция	Вариант	Пораженность вирусами, ИФА, %					
		X	Y	S	M	L	A
Манифест							
100 м	Контроль – без обработки	0,0	0,0	15,0	5,0	0,0	0,0
	Препарат Актара	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Минеральное масло SunSpray 11E	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Препарат 30 Плюс	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
250 м	Контроль – без обработки	0,0	0,0	5,0	0,0	0,0	0,0
	Препарат Актара	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Минеральное масло SunSpray 11E	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Препарат 30 Плюс	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
500 м	Контроль – без обработки	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Препарат Актара	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Минеральное масло SunSpray 11E	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Препарат 30 Плюс	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Янка							
100 м	Контроль – без обработки	0,0	0,0	10,0	0,0	0,0	0,0
	Препарат Актара	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Минеральное масло SunSpray 11E	0,0	5,0	2,5	5,0	0,0	0,0
	Препарат 30 Плюс	0,0	10,0	2,5	5,0	0,0	0,0
250 м	Контроль – без обработки	0,0	0,0	7,5	2,5	0,0	0,0
	Препарат Актара	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Минеральное масло SunSpray 11E	0,0	0,0	0,0	2,5	0,0	0,0
	Препарат 30 Плюс	0,0	0,0	0,0	0,0	2,5	0,0
500 м	Контроль – без обработки	0,0	0,0	2,5	0,0	0,0	0,0
	Препарат Актара	0,0	0,0	2,5	0,0	0,0	0,0
	Минеральное масло SunSpray 11E	0,0	0,0	5,0	0,0	0,0	0,0
	Препарат 30 Плюс	0,0	2,5	0,0	2,5	0,0	0,0
Вектар							
100 м	Контроль – без обработки	0,0	0,0	12,5	10,0	0,0	0,0
	Препарат Актара	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Минеральное масло SunSpray 11E	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Препарат 30 Плюс	0,0	0,0	0,0	2,5	0,0	0,0
250 м	Контроль – без обработки	0,0	0,0	10,0	7,5	0,0	0,0
	Препарат Актара	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Минеральное масло SunSpray 11E	2,5	0,0	7,5	0,0	0,0	0,0
	Препарат 30 Плюс	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
500 м	Контроль – без обработки	0,0	0,0	7,5	5,0	0,0	0,0
	Препарат Актара	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Минеральное масло SunSpray 11E	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Препарат 30 Плюс	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

РАЗДЕЛ 5. СЕМЕНОВОДСТВО КАРТОФЕЛЯ

Таблица 3 – Урожайность и структура урожая картофеля сортов МанIFEST, Янка, Вектар в зависимости от обработок препаратами

Пространственная изоляция	Варианты	Урожайность, т/га		Структура урожая в 2020 г., %		
		2020 г.	Средняя за 4 года	30–60 мм	> 60 мм	< 30 мм
Манifest						
100 м	Контроль – без обработки	41,3	42,8	63,2	23,9	12,9
	Препарат Актара	42,8	43,1	67,6	14,9	17,6
	Минеральное масло SunSpray 11E	43,5	43,4	70,1	10,6	19,3
	Препарат 30 Плюс	43,0	44,1	69,4	19,8	11,8
НСР _{0,05}		2,55	–	–	–	–
250 м	Контроль – без обработки	42,9	42,5	66,0	23,0	11,0
	Препарат Актара	43,0	43,6	67,9	19,7	12,4
	Минеральное масло SunSpray 11E	43,9	44,8	67,3	16,5	16,2
	Препарат 30 Плюс	42,5	43,9	70,9	17,4	11,7
НСР _{0,05}		2,40	–	–	–	–
500 м	Контроль – без обработки	42,0	42,8	68,7	15,1	16,2
	Препарат Актара	42,5	43,11	70,2	15,5	14,3
	Минеральное масло SunSpray 11E	44,0	45,1	69,9	18,3	11,8
	Препарат 30 Плюс	43,3	43,6	71,6	19,3	9,1
НСР _{0,05}		2,09	–	–	–	–
Янка						
100 м	Контроль – без обработки	41,7	41,3	65,3	19,0	15,7
	Препарат Актара	42,7	42,3	65,3	16,7	18,0
	Минеральное масло SunSpray 11E	43,7	44,4	66,7	15,3	18,0
	Препарат 30 Плюс	42,9	43,9	65,6	18,0	16,4
НСР _{0,05}		2,35	–	–	–	–
250 м	Контроль – без обработки	41,2	42,5	62,6	20,4	17,0
	Препарат Актара	43,0	44,5	65,6	21,6	12,8
	Минеральное масло SunSpray 11E	43,4	45,8	67,3	17,3	15,4
	Препарат 30 Плюс	42,2	44,7	66,8	17,9	15,3
НСР _{0,05}		2,41	–	–	–	–
500 м	Контроль – без обработки	41,8	41,6	66,0	20,4	13,6
	Препарат Актара	42,0	43,8	66,0	17,6	16,4
	Минеральное масло SunSpray 11E	44,0	45,1	68,9	16,9	14,2
	Препарат 30 Плюс	43,6	44,8	66,8	15,2	18,0
НСР _{0,05}		2,70	–	–	–	–
Вектар						
100 м	Контроль – без обработки	41,3	42,5	66,1	18,4	15,5
	Препарат Актара	41,5	43,3	65,0	20,8	14,2
	Минеральное масло SunSpray 11E	42,6	44,7	70,9	19,5	9,6
	Препарат 30 Плюс	42,3	43,1	67,3	18,8	13,9
НСР _{0,05}		1,93	–	–	–	–

РАЗДЕЛ 5. СЕМЕНОВОДСТВО КАРТОФЕЛЯ

Окончание таблицы 3

Пространственная изоляция	Варианты	Урожайность, т/га		Структура урожая в 2020 г., %		
		2020 г.	Средняя за 4 года	30–60 мм	> 60 мм	< 30 мм
250 м	Контроль – без обработки	40,6	41,9	67,6	18,2	14,2
	Препарат Актара	41,1	43,1	70,2	19,3	10,5
	Минеральное масло SunSpray 11E	42,5	44,8	70,9	19,9	10,2
	Препарат 30 Плюс	41,9	43,3	68,6	18,4	13,0
НСР _{0,05}		2,06	–	–	–	–
500 м	Контроль – без обработки	41,8	43,5	65,0	20,3	14,7
	Препарат Актара	42,1	44,6	69,3	15,8	14,9
	Минеральное масло SunSpray 11E	43,5	45,9	70,0	19,3	10,7
	Препарат 30 Плюс	42,8	44,7	69,1	18,0	12,9
НСР _{0,05}		1,81	–	–	–	–

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ многолетних данных позволяет утверждать, что препараты на основе минерального масла на фоне соблюдения соответствующей категории размножения картофеля пространственной изоляции сдерживают распространение вирусной инфекции на растениях картофеля независимо от сорта, что позволяет увеличить выход семенного картофеля, соответствующего требованиям нормативных документов, регламентирующих производство семенного картофеля.

Список литературы

1. Минимизация рисков распространения вирусных и бактериальных болезней при выращивании семенного картофеля (рекомендации) / Б. В. Анисимов [и др.]. – Чебоксары, 2016. – 25 с.
2. Замалиева, Ф. Ф. Биологическое обоснование защиты от заражения вирусами оздоровленного семенного картофеля в Республике Татарстан [Электронный ресурс] / Ф. Ф. Замалиева. – Режим доступа: <https://famous-scientists.ru/list/2078>. – Дата доступа: 09.10.2019.
3. Шишков, С. Н. ООО НПФ «Собер» Препарат 30 Плюс [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.kaicc.ru/node/1911>. – Дата доступа: 09.10.2019.
4. Абрамова, Т. В. Эффективность применения минеральных масел в безвирусном семеноводстве картофеля / Т. В. Абрамова // Селекция и семеноводство картофеля : науч. тр. / НИИКХ. – М., 1980. – Вып. 36. – С. 81–85.
5. Use of oils combined with low doses of insecticide for the control of *Myzus persicae* and PVY epidemics / B. Martín-López [et al.] // Pest Management Science. – Spain, 2006. – P. 372–378.
6. Методика исследований по культуре картофеля / НИИ картоф. хоз-ва ; редкол.: Н. С. Бацанов [и др.]. – М., 1967. – 265 с.

Поступила в редакцию 13.10.2021 г.

A. I. POPKOVICH, V. A. KOZLOV, V. V. ANTSIPOVICH,
E. V. RADKOVICH, N. A. ANTSIPOVICH

**INFLUENCE OF SPATIAL ISOLATION AND METHODS
OF PROTECTION AGAINST APHIDS ON THE ACCUMULATION
OF VIRAL INFECTION DURING FIELD REPRODUCTION
OF SEED POTATOES**

SUMMARY

The article presents the 2017–2020 research results on the effect of the mineral oil-based preparations on the accumulation of viral infection in the reproduction process of seed potatoes, taking into account different spatial isolation from personal subsidiary plots (PSP). The data obtained showed that the mineral oil SunSpray 11E, Preparation 30 Plus, based on mineral oil, subject to the spatial isolation appropriate for the potato reproduction category, regardless of the variety, can increase the yield of seed potatoes that meet the requirements of regulatory documents by containing the spread of viral infection on potato plants.

Key words: seed production, potatoes, yield, seed fraction, viruses, mineral oil SunSpray 11E, Preparation 30 Plus, Actara.

УДК 635.21:581.14:631.8

<https://doi.org/10.47612/0134-9740-2021-29-210-217>**Т. Н. Сидоренко, С. А. Коломоец, Л. Г. Тихонова**

РУП «Гомельская областная сельскохозяйственная опытная станция»

Национальной академии наук Беларуси, аг. Довск, Рогачевский район

E-mail: goshos@mail.gomel.by; sidorenkotamara@mail.ru

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МАКРО- И МИКРОУДОБРЕНИЙ В КУЛЬТУРЕ *IN VITRO* КАРТОФЕЛЯ**РЕЗЮМЕ**

В статье приведены результаты исследований по определению оптимальной концентрации макро- и микроудобрений НаноКремний, Кристалон (универсальный, желтый, коричневый), FERTIKA люкс, Vatg мах в питательной среде для ускоренного размножения микрочеренков картофеля в *in vitro* за счет эффективности их действия на рост корневой системы, высоты стебля и числа междоузлий. Установлено, что максимальное количество корней и наибольшая их длина у исследуемых сортов Першацвет (11,1–11,2 шт. и 6,0–6,1 см) и Рубин (10,8–10,9 шт. и 6,2–6,5 см) отмечена в вариантах с применением удобрений Кристалон желтый и коричневый с концентрацией 0,4 г/л. Наибольшее количество междоузлий у сорта Першацвет получено в вариантах с добавлением в питательную среду препарата НаноКремний в дозе 0,05 мл/л, макро- и микроэлементов Кристалон желтый и FERTIKA люкс в дозе 0,4 мл/л (8,1 шт.), у сорта Рубин в варианте с добавлением в питательную среду удобрения Кристалон универсальный в дозе 0,4 мл/л (7,2 шт.).

Ключевые слова: картофель, сорт, культура *in vitro*, пробирочные растения, макро- и микроудобрения, наноудобрение, питательная среда Мурасиге-Скуга, Кристалон, НаноКремний, FERTIKA люкс, Vatg мах.

ВВЕДЕНИЕ

Картофель – важнейшая сельскохозяйственная культура, обеспечивающая питание населения и продовольственную безопасность страны. Высокая значимость этого продукта подтверждается постоянным ростом его производства в мире и стабильным спросом.

Главная задача оригинального семеноводства картофеля – быстрое размножение здорового исходного материала в объемах, необходимых для ведения элитного семеноводства. Существующие технологии производства исходного материала направлены на увеличение коэффициента размножения и защиту материала от повторного заражения. С целью совершенствования технологий размножения исходного материала перспективно использование новых форм микроудобрений и регуляторов роста растений с определенной направленностью действия, способствующей получению высококачественного семенного материала [1].

Особым аспектом технологии получения высококачественного семенного картофеля является его оздоровление методом апикальной меристемы и применением клонального микроразмножения растений [2]. Одним из путей совершенствования этого метода является поиск наиболее оптимального состава питательных сред и применение на регенерантах новых форм микроудобрений и регуляторов роста.

Оптимизация процессов клонального микроразмножения позволит получать оздоровленный от вирусов и другой инфекции посевной материал, который, в свою очередь, послужит гарантом высоких урожаев [3]. Использование современных биотехнологических способов получения исходного материала позволит усовершенствовать систему семеноводства в стране.

Одним из показателей в работе с культурой ткани является число сформированных междоузлий на регенерируемом растении. Чем выше их выход, тем больше микрорастений можно получить при черенковании в процессе ускоренного размножения. Этот показатель зависит от сортовых особенностей и частично может регулироваться внешними и внутренними факторами. К внешним относятся свет, тепло, влажность, а к внутренним – состав питательной среды [1].

В настоящее время во всех областях сельского хозяйства наряду с традиционными солевыми и хелатными формами удобрений широко используют наноудобрения. Впервые термин «нанотехнология» употребил Норио Танигути в 1974 г. Он назвал этим термином производсто изделий размером несколько нанометров [4, 5]. Наноудобрения могут быть в виде одного элемента или находиться в комплексе [6]. Известно, что в результате применения наноудобрений растения получают оптимальное питание, что активизирует 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) [7–9].

Цель исследований – изучение эффективности действия макро- и микроудобрений на рост и развитие растений картофеля в культуре *in vitro*, обеспечивающих увеличение выхода черенков, а также установление оптимальной концентрации макро- и микроудобрений в питательной среде.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Исследования выполнялись в 2019–2020 гг. в лаборатории микроразмножения картофеля РУП «Гомельская ОСХОС» НАН Беларуси.

Объектом исследований служили пробирочные растения новых сортов картофеля белорусской селекции Першцацвет – ранний и Рубин – среднепоздний.

Опыт проводился в лаборатории при температуре 18–23 °С, освещенность 500 лк, при 16 часовом световом периоде. В качестве контроля использовали стандартную среду Мурасиге-Скуга. Биометрические учеты проводили на 20-й и 30-й день после посадки регенерантов и на начало появления корешков. Опыт включал 13 вариантов по 120 растений в каждом. Всего было посажено 1 560 пробирочных растений.

Схема опыта:

1. Контроль – питательная среда Мурасиге-Скуга;
2. Питательная среда Мурасиге-Скуга + НаноКремний – 0,050 мл/л;
3. Питательная среда Мурасиге-Скуга + НаноКремний – 0,15 мл/л;
4. Питательная среда Мурасиге-Скуга + Кристалон универсальный – 0,2 г/л;
5. Питательная среда Мурасиге-Скуга + Кристалон универсальный – 0,4 г/л;
6. Питательная среда Мурасиге-Скуга + Кристалон желтый – 0,2 г/л;
7. Питательная среда Мурасиге-Скуга + Кристалон желтый – 0,4 г/л;
8. Питательная среда Мурасиге-Скуга + Кристалон коричневый – 0,2 г/л;
9. Питательная среда Мурасиге-Скуга + Кристалон коричневый – 0,4 г/л;
10. Питательная среда Мурасиге-Скуга + FERTIKA люкс – 0,2 г/л;

11. Питательная среда Мурасиге-Скуга + FERTИКА люкс – 0,4 г/л;

12. Питательная среда Мурасиге-Скуга + Batr мах – 3 мл/л;

13. Питательная среда Мурасиге-Скуга + Batr мах – 5 мл/л.

Содержание питательных веществ в применяемых макро- и 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);

– 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);

– FERTИКА 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 мах (N – 6 %, P₂O₅ – 7, K₂O – 10, SO₃ – 2, B – 0,18, MgO – 0,05, Fe – 0,03, Mo – 0,025, Co – 0,01 %).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В процессе изучения пробирочных растений отмечено, что у сортов картофеля Першацвет и Рубин начало образования корней приходится на 5–7 день после посадки. У сорта Першацвет по всем вариантам начало образования корней отмечено на пятый день после посадки, кроме контроля и варианта с микроудобрением Batr мах, где образование корней приходится на шестой и восьмой день соответственно. По сорту Рубин рост корней был индуцирован на пятый день после посадки с применением Кристалона универсального и желтого на сутки раньше, чем в контроле и в вариантах с применением (шесть дней). В варианте с применением микроудобрения Batr мах начало образования корней отмечено на седьмой день после посадки.

На 30-й день после посадки по всем вариантам с добавлением различных марок макро- и микроудобрений прослеживается тенденция к увеличению образования корней, а также их длины: у сорта Першацвет – на 1,4–2,2 шт., у сорта Рубин – на 1,0–2,1 шт. При этом максимальное количество корней и их наибольшая длина у исследуемых сортов отмечена в вариантах с применением Кристалона желтого и коричневого с концентрацией 0,4 г/л: Першацвет (11,1–11,2 шт. и 6,0–6,1 см) и Рубин (10,8–10,9 шт. – 6,2–6,5 см). В вариантах с добавлением в питательную среду микроудобрения Batr мах количество корней и их длина находились на уровне контроля по двум изучаемым сортам Першацвет и Рубин (табл. 1).

Большое значение для ускоренного размножения в культуре *in vitro* черенков микроклонов картофеля имеет число междоузлий, их размер и степень развития. На 20-й день после посадки у сорта Першацвет среднее число междоузлий составило 4,1–5,7 шт., у сорта Рубин – 3,8–4,8 шт. (табл. 2).

Наименьшее количество междоузлий у изучаемых сортов Першацвет и Рубин отмечено с микроудобрением Batr мах – 4,1 и 3,8 шт., что на 31,9–25,8 % ниже, чем на контрольном варианте (4,9–3,8 шт.). С применением комплексного удобрения Кристалон желтый в концентрации 0,4 г/л количество междоузлий составило максимальное значение 5,7 шт. при высоте стебля 7,3 см у сорта Першацвет и у сорта Рубин – 4,8 шт. при высоте стебля 5,6 см в варианте с применением Кристалона универсального с концентрацией 0,4 г/л.

Число междоузлий в контрольном варианте на 30-й день составило 6,9 шт. при высоте стебля 10,8 см у сорта Першацвет, а у сорта Рубин – 6,2 шт. при высоте стебля

РАЗДЕЛ 5. СЕМЕНОВОДСТВО КАРТОФЕЛЯ

Таблица 1 – Формирование корней в зависимости от применяемых макро- и микроудобрений, сорт Першацвет, 2019–2020 гг.

Вариант	Концентрация препарата, мл, г/л питательной среды МС*	Начало образования корней (количество дней после посадки черенка)	Число корней, шт.		Длина корней на 30-й день, см	На 30-й день ± к контролю	
			на 20-й день	на 30-й день		число корней, шт.	длина корней, см
Контроль – без обработки	–	6	6,0	9,0	5,3	–	–
НаноКремний	0,05	5	6,6	10,8	5,5	+1,8	+0,2
	0,15	5	6,7	10,7	5,6	+1,7	+0,3
Кристалон универсальный	0,2	5	6,5	10,4	5,6	+1,4	+0,3
	0,4	5	6,1	10,6	5,8	+1,6	+0,5
Кристалон желтый	0,2	5	5,9	10,7	5,6	+1,7	+0,3
	0,4	5	5,6	11,1	6,0	+2,1	+0,7
Кристалон коричневый	0,2	5	6,4	10,8	5,7	+1,8	+0,4
	0,4	5	6,3	11,2	6,1	+2,2	+0,8
FERTIKA люкс	0,2	5	6,0	10,4	5,8	+1,4	+0,5
	0,4	5	6,3	10,5	5,9	+1,5	+0,6
Batr max	3,0	7,5	5,7	9,3	5,5	+0,3	+0,2
	5,0	7,5	4,9	8,9	4,9	–0,1	–0,4
НСР ₀₅		–				0,93	0,49

* МС – питательная среда Мурасиге-Скуга.

Таблица 2 – Формирование корней в зависимости от применяемых макро- и микроудобрений, сорт Рубин, 2019–2020 гг.

Вариант	Концентрация препарата, мл, г/л питательной среды МС*	Начало образования корней (количество дней после посадки черенка)	Число корней, шт.		Длина корней на 30-й день, см	На 30-й день ± к контролю	
			на 20-й день	на 30-й день		число корней, шт.	длина корней, см
Контроль – без обработки	–	6	5,0	8,8	5,3	–	–
НаноКремний	0,05	7	5,0	9,8	5,6	+1,0	+0,3
	0,15	6	5,3	10,3	6,1	+1,5	+0,8
Кристалон универсальный	0,2	5	5,6	10,1	5,6	+1,3	+0,3
	0,4	5	5,8	10,3	5,9	+1,5	+0,6
Кристалон желтый	0,2	5	5,8	10,9	6,5	+2,1	+1,2
	0,4	5	5,9	10,9	6,2	+2,1	+0,9
Кристалон коричневый	0,2	6	5,7	10,5	5,9	+1,7	+0,6
	0,4	6	5,6	10,8	6,5	+2,0	+1,2
FERTIKA люкс	0,2	6	5,8	10,2	6,0	+1,4	+0,7
	0,4	6	5,8	10,3	6,2	+1,5	+0,9
Batr max	3,0	7	4,6	8,7	5,3	–0,1	0
	5,0	7	4,5	8,5	5,4	–0,3	+0,1
НСР ₀₅		–				0,83	0,77

* МС – питательная среда Мурасиге-Скуга.

РАЗДЕЛ 5. СЕМЕНОВОДСТВО КАРТОФЕЛЯ

9,0 см. После применения комплексных микроудобрений в опытных вариантах растения были более мощными с хорошо развитыми листовыми пластинками, возросло количество междоузлий до 7,0–8,1 шт., или было на уровне контроля при высоте стебля 10,8–12,4 см у сорта Першацвет (табл. 3).

Такая же тенденция отмечена и по сорту Рубин. Все применяемые макро- и микроудобрения увеличивают количество междоузлий и высоту стебля, но их значение ниже, чем у сорта Першацвет, и составляет 6,2–7,2 шт. при высоте стебля 9,0–9,8 см. И только с добавлением в питательную среду микроудобрения Batr мах по всем вариантам у исследуемых сортов Першацвет и Рубин как на 20-й, так и на 30-й день роста отмечено угнетение пробирочных растений картофеля. Они выглядели более слабыми и отставали по всем показателям от контроля, по числу междоузлий – на 1,1–2,2 шт., или 17,7–31,9 %, и высоте растений – на 1,1–3,3 шт., или 10,2–30,6 %, (табл. 4).

На 30-й день наибольшее количество междоузлий у сорта Першацвет получено в вариантах с добавлением в питательную среду НаноКремния в дозе 0,05 мл/л, микроэлементов марки Кристалон желтый и FERTIKA люкс в дозе 0,4 мл/л (8,1 шт. при высоте стебля 11,7–12,2 см), что на 1,2 шт., или 17,4 % больше, чем в контроле. Также достоверные прибавки получены и от применения НаноКремния в дозе 0,15 мл/л и Кристалона универсального и коричневого в дозе 0,4 г/л и составили 7,8–8,0 шт. при высоте стебля 11,1–12,1 см. В остальных вариантах при добавлении микроэлементов различных марок растения развивались на уровне контроля или незначительно опережали в своем развитии контрольные растения по всем показателям.

Таблица 3 – Влияние макро- и микроудобрений на рост и развитие растений *in vitro* картофеля, сорт Першацвет, 2019–2020 гг.

Вариант		Время проведения учета (дней после посадки)					На 30-й день ± к контролю	
Удобрение	Концентрация препарата, мл, г/л питательной среды МС*	20 дней		30 дней			число междоузлий, шт/%	высота растений, см/%
		Количество междоузлий, шт.	Высота стебля, см	Количество междоузлий, шт.	Высота стебля, см	Длина междоузлий, см		
Контроль – без обработки	–	4,9	5,8	6,9	10,8	1,6	–	–
НаноКремний	0,05	5,4	6,2	8,1	11,1	1,4	+1,2/17,4	+0,3/2,8
	0,15	5,3	5,9	8,0	11,7	1,5	+1,1/15,9	+0,9/8,3
Кристалон универсальный	0,2	5,1	6,2	7,3	10,8	1,5	0,4/5,8	0/0
	0,4	5,5	6,4	7,8	11,6	1,5	+0,9/13,0	+0,8/7,4
Кристалон желтый	0,2	5,4	7,5	7,0	11,8	1,7	+0,1/1,5	+1,0/9,3
	0,4	5,7	7,3	8,1	12,2	1,5	+1,2/17,4	+1,4/13,0
Кристалон коричневый	0,2	5,5	7,0	7,7	11,8	1,5	+0,8/11,6	+1,0/9,3
	0,4	5,4	7,0	7,8	12,1	1,6	+0,9/13,0	+1,3/12,0
FERTIKA люкс	0,2	5,1	6,9	7,7	12,4	1,6	+0,8/11,6	+1,6/14,8
	0,4	5,2	6,5	8,1	12,0	1,5	+1,2/17,4	+1,2/11,1
Batr мах	3,0	4,8	5,9	6,4	9,7	1,5	–0,5/7,2	–1,1/10,2
	5,0	4,1	4,5	4,7	7,5	1,6	–2,2/31,9	–3,3/30,6
НСР ₀₅							0,80	0,89

* МС – питательная среда Мурасиге-Скуга.

РАЗДЕЛ 5. СЕМЕНОВОДСТВО КАРТОФЕЛЯ

На 30-й день у сорта Рубин большее количество междоузлий получено в варианте с добавлением в питательную среду микроудобрения Кристалон универсальный в дозе 0,4 мл/л (7,2 шт. при высоте стебля 9,8 см), что на 1,0 шт., или 16,1 % больше, чем в контроле. Среднепоздний сорт Рубин более отзывчивый к применению микроудобрений марки Кристалон универсальный и желтый, используемых в опыте с различной дозировкой, а также НаноКремний в дозе 0,15 мл/л, получена достоверная прибавка, которая составляет 0,6–0,8 шт. (табл. 4).

В вариантах при добавлении микроэлементов марки FERTIKA люкс с разной дозировкой и Кристалон коричневый с дозой 0,2–0,4 г/л растения развивались на уровне контроля или незначительно опережали их в своем развитии по всем показателям от 4,8 до 8,1 %.

По отношению к сорту Першацвет междоузлия у сорта Рубин короче и мощнее, с хорошо развитыми листовыми пластинками. Растения Першацвета более требовательны к свету, при его недостатке вытягиваются междоузлия и мельчают листья.

После учетов в лабораторных условиях пробирочные растения сортов Першацвет и Рубин высадили в теплице в торфогрунт. Учет приживаемости растений проводили на 10-й день после посадки, у сорта Першацвет она составила 95,0–97,2 %, у сорта Рубин – 91,9–97,0 %.

Обработка корней растений *in vitro* картофеля исследуемых сортов перед посадкой различными марками микроудобрений по эффективности была на уровне контроля или чуть выше, увеличение процента приживаемости – в пределах НСР (табл. 5).

Таблица 4 – Влияние микроудобрений на рост и развитие растений *in vitro* картофеля, сорт Рубин, 2019–2020 гг.

Вариант		Время проведения учета (дней после посадки)					На 30-й день ± к контролю	
Удобрение	Концентрация препарата, мл, г/л питательной среды МС*	20 дней		30 дней			число междоузлий, шт/%	высота растений, см/%
		Количество междоузлий, шт.	Высота стебля, см	Количество междоузлий, шт.	Высота стебля, см	Длина междоузлий, см		
Контроль – без обработки	–	3,8	4,6	6,2	9,0	1,4	–	–
НаноКремний	0,05	4,4	4,8	6,2	9,1	1,4	0/0	+0,1/1,1
	0,15	4,6	5,1	7,1	9,7	1,3	+0,9/14,5	+0,7/7,8
Кристалон универсальный	0,2	4,5	4,8	6,8	9,8	1,3	+0,6/9,7	+0,8/8,9
	0,4	4,8	5,6	7,2	9,8	1,2	+1,0/16,1	+0,8/8,9
Кристалон желтый	0,2	4,2	5,0	7,0	9,6	1,2	+0,8/12,9	+0,6/6,7
	0,4	4,6	5,4	6,8	9,7	1,3	+0,6/9,7	+0,7/7,8
Кристалон коричневый	0,2	4,6	5,7	6,3	9,2	1,5	+0,1/1,6	+0,2/2,2
	0,4	4,7	6,0	6,7	9,7	1,5	+0,5/8,1	+0,7/7,8
FERTIKA люкс	0,2	4,7	5,3	6,2	9,4	1,4	0/0	+0,4/4,4
	0,4	4,7	5,2	6,5	9,0	1,2	+0,3/4,8	0/0
Ватр мах	3,0	4,0	4,4	5,1	7,7	1,4	–1,1/17,7	–1,3/14,4
	5,0	3,8	4,2	4,6	7,1	1,5	–1,6/25,8	–1,9/21,1
НСР ₀₅							0,58	0,88

* МС – питательная среда Мурасиге-Скуга.

РАЗДЕЛ 5. СЕМЕНОВОДСТВО КАРТОФЕЛЯ

Таблица 5 – Влияние макро- и микроудобрений на приживаемость растений картофеля после посадки в теплицу, 2019–2020 гг.

Вариант	Приживаемость растений <i>in vitro</i> на 10-й день после посадки в теплицу, %	
	Сорт Першацвет	Сорт Рубин
Контроль – без обработки	95,0	95,9
НаноКремний	95,0	96,7
Кристалон универсальный	97,2	96,9
Кристалон желтый	96,6	97,0
Кристалон коричневый	97,1	96,0
FERTIKA люкс	97,1	93,0
Ватр мах	95,8	91,9
НСР ₀₅	1,1	0,9

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате исследований выделены наиболее эффективные удобрения с оптимальными дозами применения с целью получения хорошо развитых растений *in vitro* и максимальным выходом черенков картофеля.

Максимальное количество корней и наибольшая их длина у исследуемых сортов Першацвет (11,1–11,2 шт. и 6,0–6,1 см) и Рубин (10,8–10,9 шт. – 6,2–6,5 см) отмечена в вариантах с добавлением в питательную среду Мурациге-Скуга комплексных удобрений с микроэлементами Кристалон желтый и коричневый с концентрацией 0,4 г/л.

На 30-й день наибольшее количество междоузлий у сорта Першацвет получено в вариантах с добавлением в питательную среду удобрений НаноКремний с дозировкой 0,05 мл/л, Кристалон желтый и FERTIKA люкс в дозе 0,4 мл/л (8,1 шт. при высоте стебля 11,7–12,2 см), что на 1,2 шт., или 17,4 % больше, чем в контроле. У сорта Рубин наибольшее количество междоузлий получено в варианте с добавлением в питательную среду удобрения Кристалон универсальный в дозе 0,4 мл/л (7,2 шт. при высоте стебля 9,8 см), что на 1,0 шт., или 16,1 % больше, чем в контроле.

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 плодовоовощеводству ; редкол.: С. А. Турко (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2016. – Т. 24. – С. 322–332.
2. Сельскохозяйственная биотехнология : избр. работы : в 2 т. / Рос. акад. с.-х. наук [и др.] ; под ред. В. С. Шевелухи. – М. : Воскресенье, 2000. – Т. 2. – 402 с.
3. Муромцев, Г. С. Состояние исследований по регуляторам роста растений в России / Г. С. Муромцев, Б. Э. Данилина // Физиология растений. – 1994. – Т. 41. – № 5. – С. 779–787.
4. Эффективность применения наноудобрения «Наноплант Со, Мп, Си, Фе» в культуре *in vitro* картофеля / В. В. Анципович [и др.] // Картофелеводство : сб. науч. тр. / Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по картофелеводству и плодовоовощеводству ; редкол.: С. А. Турко (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2016. – Т. 24. – С. 327–332.
5. Оценка эффективности современных микро- и наноудобрений в семеноводческих посадках картофеля / А. И. Попкович [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. 362–368.

6. Алфимова, М. М. Занимательные нанотехнологии / М. М. Алфимова. – М. : Бинум, 2011. – 96 с.

7. Головин, Ю. И. Наномир без формул / Ю. И. Головин. – М. : Бинум, 2012. – 543 с.

8. Богатство наномира. Фоторепортаж из глубины вещества / Е. А. Гудилин [и др.] ; под ред. Ю. Д. Третьякова. – М. : Бинум, 2009. – 171 с.

9. Эрлих, Г. Малые объекты – большие идеи. Широкий взгляд на нанотехнологии / Г. Эрлих. – М. : Бинум, 2011. – 254 с.

Поступила в редакцию 21.09.2021 г.

T. N. SIDORENKO, S. A. KOLOMOETS, L. G. TIHONOVA

EFFECTIVENESS OF MACRO- AND MICRO-FERTILIZERS IN THE CULTURE *IN VITRO* OF POTATOES

SUMMARY

The article presents the research results on determining the optimal concentration of macro- and micro-fertilizers NanoSilicon, Kristalon (universal, yellow, brown), FERTIKA Lux, Batr max in the growing medium for accelerated in vitro reproduction of potato micro-cuttings due to the effectiveness of their action on the growth of the root system, the height of the stem and the number of internodes. It was found that the maximum number of roots and their greatest length in the studied varieties Pershatsvet (11.1–11.2 pcs and 6.0–6.1 cm) and Rubin (10.8–10.9 pcs – 6.2–6.5 cm) was recorded when using the fertilizers Kristalon yellow and brown in a concentration of 0.4 g/l. The largest number of internodes in the Pershatsvet variety was obtained when using the Nanosilicon in a dose of 0.05 ml/l, macro- and micro-elements Kristalon yellow and FERTIKA Lux in a dose of 0.4 ml/l (8.1 pcs). In the Rubin variety, the largest number of internodes was obtained when using Kristalon universal in the growing medium in a dose of 0.4 ml/l (7.2 pcs).

Key words: potatoes, variety, *in vitro* culture, tube plants, macro- and micro-fertilizers, nanofertilizer, Murashige and Skoog growing medium, Kristalon, NanoSilicon, FERTIKA Lux, Batr max.

Научное издание

КАРТОФЕЛЕВОДСТВО
СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ
ТОМ 29

Основан в 1970 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 22.12.2021. Формат 70×100 $\frac{1}{16}$. Бумага офсетная. Печать цифровая. Усл. печ. л. 17,71. Уч.-изд. л. 18,36. Тираж 100 экз. Заказ 32.
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.