

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



## **КАРТОФЕЛЕВОДСТВО**

**Сборник научных трудов**

**Том 25**

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

## **POTATO-GROWING**

**Proceedings**

**Volume 25**

**Минск 2017**

УДК 635.21

**Картофелеводство:** сб. науч. тр. / РУП «Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству»; редкол.: С. А. Турко (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2017. – Т. 25. – 239 с.

Издание основано в 1970 г.

**Главный редактор** С. А. Турко  
**Зам. главного редактора** Г. И. Пискун  
**Ответственный секретарь** А. А. Ванягина

**Редакционная коллегия:** С. А. Турко, Г. И. Пискун, С. И. Гриб, Л. В. Сорочинский, З. А. Козловская, А. П. Ермишин, А. В. Кильчевский, В. А. Козлов, Л. Н. Козлова, В. Л. Маханько, Н. В. Русецкий, Д. Д. Фицуро, А. В. Чашинский, И. И. Бусько, И. А. Родькина, Е. В. Радкович, О. В. Маханько, В. В. Азаренко, З. В. Ловкис

**Editor-in-chief** S. A. Turko  
**Deputy editor-in-chief** G. I. Piskun  
**Responsible secretary** A. A. Vanyagina

**Editorial staff:** S. A. Turko, G. I. Piskun, S. I. Grib, L.V. Sorochinckiy, Z. A. Kozlovskaya, A. P. Ermishin, A. V. Kilchevskiy, V. A. Kozlov, L. N. Kozlova, V. L. Mahanko, N. V. Rusetskiy, D. D. Fitsuro, A. V. Chashinskiy, I. I. Busko, I. A. Rodkina, E. V. Radkovich, O. V. Mahanko, V. V. Azarenko, Z. V. Lovkis

© Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству», 2017  
© Оформление. Республиканское научное унитарное предприятие «Институт системных исследований в АПК Национальной академии наук Беларуси», 2017

## СОДЕРЖАНИЕ

### Раздел 1. Селекция картофеля

<i>Маханько В. Л., Козлова Л. Н., Незаконова О. Б.</i> Оценка коллекции сортов картофеля белорусской и российской селекции по биохимическим показателям .....	5
<i>Пискун Г. И., Козлова Л. Н., Корзан А. А.</i> Оценка гибридных комбинаций картофеля по содержанию витамина С .....	15
<i>Симаков Е. А., Митюшкин А. В., Митюшкин Ал-др В., Журавлев А. А., Салюков С. С., Овечкин С. В., Гайзатулин А. С.</i> Селекция на повышение потребительских и кулинарных качеств столовых сортов картофеля .....	22
<i>Чащинский А. В., Леванцевич И. В.</i> Изучение наследования признака фитофтороустойчивости клубней в гибридных популяциях картофеля, полученных при использовании сложных межвидовых гибридов .....	30
<i>Шанина Е. П.</i> Изучение исходного материала картофеля белорусской селекции в условиях Среднего Урала .....	40

### Раздел 2. Генетика картофеля

<i>Воронкова Е. В., Лукша В. И., Русецкий Н. В., Гукасян О. Н., Жарич В. М., Полюхович Ю. В., Ермишин А. П.</i> Маркер-опосредованный отбор на наличие гена RuscS экстремальной устойчивости к PVY в коллекции генотипов, имеющих в родословной генетический материал <i>Solanum chacoense</i> .....	47
<i>Дремук И. А., Гапеева Т. А., Третьякова Т. Г., Савина С. М., Аверина Н. Г., Волотовский И. Д.</i> Функциональная активность генетической конструкции для синтеза 5-аминолевулиновой кислоты в клетках трансгенных растений картофеля .....	60
<i>Родькина И. А., Яхонт Ю. В., Кондратюк А. В., Яковлева Г. А.</i> Определение эффективной концентрации канамицина в селективной среде для отбора трансгенных форм картофеля с экспрессией репортерного гена npt II .....	68
<i>Русецкий Н. В., Воронкова Е. В.</i> Изучение наследования устойчивости к вирусам PVY и PVX у потомства исходных форм картофеля, полученных на основе сложных межвидовых гибридов .....	82
<i>Яковлева Г. А., Семанюк Т. В., Кондратюк А. В., Башко Д. В., Родькина И. А.</i> Селекция генеративного потомства соматических гибридов и создание новых исходных форм картофеля .....	94

### Раздел 3. Иммуитет и защита картофеля

<i>Андреанов А. Д., Андреанов Д. А.</i> Биопрепараты на раннем картофеле .....	105
--	-----

<i>Козлов В. А., Русецкий Н. В., Чашинский А. В.</i> Изучение распространенности и структуры популяций вирусных болезней картофеля в Гомельской области .....	121
<i>Леванцевич И. В.</i> Оценка селекционного материала на устойчивость к раневой водянистой гнили .....	130
<i>Леванцевич И. В., Бусько И. И., Назаров В. Н., Манцевич Л. А.</i> Новый препарат Грэмми, КС для защиты картофеля от фитофтороза и альтернариоза в Беларуси .....	135
<i>Линьков В. В.</i> Регуляторные зоны биодинамической саморегуляции насекомых-вредителей: на примере колорадского жука ( <i>Leptinotarsa decemlineata</i> Say).....	141
<i>Назаров В. Н., Бусько И. И., Леванцевич И. В., Манцевич Л. А.</i> Оценка селекционного материала картофеля на устойчивость к ризоктониозу .....	157
<b>Раздел 4. Технология производства, переработки и хранения картофеля</b>	
<i>Ильчук Ю. Р., Ильчук Р. В., Рудник-Иващенко О. И.</i> Оптимизация технологии возделывания раннеспелых сортов картофеля в условиях Западной лесостепи Украины .....	164
<i>Гасило Д. С., Турко С. А.</i> Влияние обработки почвы и агрофизических показателей на урожайность картофеля.....	187
<i>Фицура Д. Д., Турко С. А., Гасило Д. С., Сердюков В. А., Мартыненко С. Н.</i> Результаты выращивания картофеля на широкорядных посадках 90 см .....	197
<b>Раздел 5. Семеноводство картофеля</b>	
<i>Анципович Н. А., Дударевич В. И., Маханько В. Л.</i> Влияние условий выращивания и устойчивости сортов на качество семенного картофеля различных групп спелости .....	215
<i>Радкович Е. В., Гуца Г. Н., Глушакова Ю. В.</i> Анализ структуры вирусной инфекции при комплексном тестировании полевых сортообразцов картофеля методом ИФА в послеуборочный период ....	224
<b>Раздел 6. Общие вопросы картофелеводства</b>	
<i>Жевора С. В., Старовойтов В. И., Старовойтова О. А., Манохина А. А.</i> Методологические подходы к развитию картофелеводства .....	233

## **РАЗДЕЛ 1**

### **СЕЛЕКЦИЯ КАРТОФЕЛЯ**

УДК 635.21:581.19:631.526.32-048.24

**В. Л. Маханько, Л. Н. Козлова, О. Б. Незаконова**

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

#### **ОЦЕНКА КОЛЛЕКЦИИ СОРТОВ КАРТОФЕЛЯ БЕЛОРУССКОЙ И РОССИЙСКОЙ СЕЛЕКЦИИ ПО БИОХИМИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ**

##### **РЕЗЮМЕ**

*Выделены сорта картофеля белорусской и российской селекции, обладающие высокой биологической ценностью, и сорта-эталонные по содержанию сухих веществ, суммарного белка, витамина С, редуцирующих сахаров, нитратов, суммарной антиоксидантной способности.*

*Ключевые слова:* картофель, сорт, сухие вещества, суммарный белок, витамин С, редуцирующие сахара, нитраты, суммарная антиоксидантная способность.

##### **ВВЕДЕНИЕ**

Картофель и овощи играют главную роль в питании человека. Они не относятся к высококалорийным продуктам, но вследствие своей биологической ценности приобретают все большее значение в условиях перехода к современным способам приготовления продуктов и формам питания. Картофель является ценным источником жизненно необходимых полноценных углеводов, которые, в свою очередь, являются наиболее натуральным и легко усваиваемым в организме человека носителем энергии. Их нехватка приводит к тому, что организм использует белок, находящийся в мышцах в качестве альтернативного источника энергии. Среди растительных белков из культурных растений протеин картофеля имеет самую высокую биологическую ценность, обусловленную долей абсорбированного азота от поглощенного, которая задерживается в организме и используется для его роста и сохранения. У белка куриного яйца она равна 96 %, белка картофеля – 73, сои – 72, кукурузы – 54, пшеницы – 53, гороха – 48, фасоли – 46 % [1]. Белок картофеля богат незаменимыми аминокислотами. Особенно отличается он относительно высоким содержанием лизина и серосодержащими аминокислотами. При

ежедневном потреблении 150 г картофеля дневная потребность человека в лизине, лейцине, изолейцине и триптофане может быть удовлетворена на 25–40 %, что подтверждает высокую ценность картофеля как источника диетического белка [2].

Благодаря большому количеству минеральных веществ картофель помогает организму поддерживать кислотно-щелочное равновесие. Картофель – это также богатый источник витаминов: В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>6</sub>, РР и витамина С. Так, 300 г картофеля обеспечивает 40 % суточной потребности организма в витамине С [2].

Картофель содержит и многие другие биохимические соединения, среди которых каротиноиды и антоцианы, которые могут функционировать как антиоксиданты. Антиоксидантами называют вещества, способные блокировать вредное воздействие на организм свободных радикалов. Исследованиями ученых доказано, что диетические продукты, богатые антиоксидантами, заметно снижают риск заболевания коронарно-сердечными заболеваниями, атеросклерозом, некоторыми раковыми образованиями. Установлено, что антиоксидантная способность картофеля с окрашенной мякотью выше, чем у брюссельской капусты, лука, моркови, желтого и белого перца и ниже, чем у капусты брокколи [3].

В последние годы стремительно развивается целевой принцип селекции. На современном рынке «просто картофель» сейчас уже не нужен и так называемые «универсальные сорта» не пользуются спросом у потребителя. Особую популярность приобретают низкокрахмалистые сорта, а также сорта с повышенным содержанием белка, витаминов и антиоксидантов [4, 5]. В связи с этим оценка коллекции лучших сортов картофеля белорусской и российской селекции по биохимическим показателям для выделения сортов-эталон будет способствовать созданию новых продуктов для поддержания и улучшения здоровья людей.

Цель работы – тестирование лучших сортов картофеля белорусской и российской селекции по биохимическим показателям и создание коллекции лучших и перспективных сортов картофеля.

## **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА**

Материалом для исследований служили клубни 51 сорта картофеля белорусской и российской селекции.

Исследования проводились в РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству» в 2014–2015 гг. в рамках программы Союзного государства «Инновационное развитие производства картофеля и топинамбура».

Содержание сухого вещества в клубнях определяли термостатно-весовым методом, сырого протеина – по Кьельдалю, витамина С – по Мурри, нитратов – ионоселективным методом [4], редуцирующих сахаров – с реактивом Самнера [5, 6], суммарного белка – с реактивом Оранж «Ж» [7]. Суммарная антиоксидантная способность определялась методом фотолуминесценции на приборе «PHOTOSCHEM».

**РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ**

По комплексу биохимических показателей оценены клубни 51 сорта картофеля белорусской и российской селекции. Из них 16 сортов ранней группы спелости, 15 – среднеранней, 15 – среднеспелой, 5 – среднепоздней и поздней группы спелости (табл. 1).

Таблица 1 – Биохимические показатели сортов картофеля урожая 2014–2015 гг. после уборки

Сорт	Сухое вещество, %	Суммарный белок, %	Витамин С, мг%	Редуцирующие сахара, %	САС*	Нитраты, мг/кг
<b>Ранняя группа спелости</b>						
Жуковский ранний	17,2	1,07	27,2	0,23	440,0	126,7
Ломоносовский	21,5	1,16	26,8	0,18	200,0	142,2
Матушка	21,5	1,25	26,1	0,21	240,0	178,6
Лига	19,2	1,16	27,1	0,18	280,0	95,9
Уладар	20,4	1,06	23,3	0,18	400,0	76,2
Крепыш	19,2	1,02	17,3	0,64	320,0	87,5
Метеор	18,1	1,08	24,1	0,26	320,0	62,0
Любава	19,7	0,87	16,1	0,40	160,0	80,0
Лилея	20,1	1,02	23,8	0,51	640,0	111,2
Зорачка	18,6	0,99	21,6	0,82	160,0	143,8
Браво	17,8	0,98	24,5	0,34	480,0	103,0
Удача	21,6	0,96	16,0	0,15	200,0	55,4
Алена	21,8	1,20	26,7	0,17	320,0	72,0
Каменский	21,4	1,12	27,5	0,22	320,0	164,8
Огниво	18,8	0,99	26,4	0,32	400,0	167,4
Весна белая	18,9	1,16	23,1	0,32	280,0	99,0
<b>Среднеранняя группа спелости</b>						
Ирбитский	20,2	0,99	28,6	0,28	560,0	84,2
Кортни	21,6	1,04	21,8	0,37	200,0	196,5
Красавчик	23,4	1,04	21,6	0,22	720,0	95,7
Рябинушка	22,2	1,21	30,0	0,34	920,0	85,8
Бриз	19,8	1,17	28,0	1,14	400,0	132,4
Горняк	19,7	1,02	25,7	0,24	200,0	127,4
Манифест	21,6	0,92	19,4	0,20	880,0	99,4
Башкирский	21,5	1,07	23,2	0,11	440,0	38,1
Амур	19,6	1,09	26,8	0,26	320,0	108,1
Чародей	20,2	0,89	29,8	0,12	280,0	85,0
Сударыня	19,5	1,10	25,4	0,46	240,0	73,3
Брянский деликатес	23,7	1,04	34,1	0,13	440,0	85,7
Фрителла	23,4	1,02	25,4	0,24	360,0	79,2
Ильинский	23,6	1,12	22,6	0,17	880,0	121,6
Реги	22,0	1,02	21,4	0,21	360,0	175,9
<b>Среднеспелая группа спелости</b>						
Янка	21,4	1,04	32,4	0,11	480,0	73,6

РАЗДЕЛ 1. СЕЛЕКЦИЯ КАРТОФЕЛЯ

Окончание таблицы 1

Сорт	Сухое вещество, %	Суммарный белок, %	Витамин С, мг%	Редуцирующие сахара, %	САС*	Нитраты, мг/кг
Аврора	18,8	1,04	26,3	0,18	240,0	198,2
Тарасов	18,4	0,96	30,5	0,12	240,0	140,6
Колобок	19,5	0,93	16,6	0,31	200,0	105,2
Скарб	20,6	0,94	20,5	0,42	600,0	59,6
Надежда	24,0	1,18	25,8	0,11	280,0	143,6
Фаворит	19,4	1,08	26,4	0,14	520,0	113,6
Накра	25,4	1,16	22,7	0,11	160,0	55,4
Сиреневый туман	21,8	1,18	28,0	0,15	480,0	53,0
Очарование	23,2	1,19	30,0	0,21	560,0	116,1
Волат	23,4	1,19	24,2	0,21	520,0	164,7
Наяда	22,4	1,06	28,0	0,12	400,0	108,6
Спиридон	20,4	1,12	29,8	0,14	320,0	134,9
Хозяюшка	26,4	1,18	25,2	0,17	600,0	50,5
Великан	20,4	0,95	28,8	0,22	240,0	26,6
Среднепоздняя и поздняя группа спелости						
Вектор	22,5	1,08	22,4	0,24	280,0	38,1
Зольский	23,8	1,21	23,8	0,24	200,0	108,3
Чайка	21,2	1,06	29,4	0,24	320,0	181,0
Журавинка	24,8	1,21	27,2	0,14	200,0	19,1
Мусинский	23,4	1,26	30,1	0,15	560,0	80,4

Примечание. САС – суммарная антиоксидантная способность.

\*иМ эквивалента аскорбиновой кислоты на 100 г сырого веса.

Выделены сорта картофеля с содержанием сухих веществ:

среднее – сорта ранней группы спелости: Ломоносовский, Матушка, Удача, Алена, Каменский; среднеранней – Красавчик, Брянский деликатес, Фри-телла, Ильинский;

выше среднего – сорта среднеспелой группы Надежда, Накра; сорт среднепоздней группы Журавинка;

относительно высокое – сорт среднеспелой группы Хозяюшка.

Выделены сорта с высоким содержанием белка. В ранней группе спелости – сорта Матушка, Алена; в среднеранней – Рябинушка; в среднепоздней и поздней – Зольский, Журавинка, Мусинский.

Сорта с очень высоким содержанием витамина С – Рябинушка, Брянский деликатес, Янка, Тарасов, Очарование, Мусинский.

Низкое содержание редуцирующих сахаров зафиксировано в сортах ранней группы спелости – Ломоносовский, Лига, Уладар, Удача, Алена; среднеранней – Башкирский, Чародей, Брянский деликатес, Ильинский; среднеспелой – Янка, Аврора, Тарасов, Надежда, Фаворит, Накра, Сиреневый туман, Наяда, Спиридон, Хозяюшка; среднепоздней и поздней – Журавинка, Мусинский.

Выделены сорта с относительно высокой антиоксидантной способностью (САС): в ранней группе спелости – Лилея, в среднеспелой – Скарб и Хозяюшка, в среднеранней группе – Манифест, Ильинский.



**РАЗДЕЛ 1. СЕЛЕКЦИЯ КАРТОФЕЛЯ**

К сортам с низким содержанием нитратов относятся сорта ранней группы спелости Метеор и Удача; среднеранней – Башкирский; среднеспелой – Скарб, Накра, Сириновый туман, Хозяюшка, Великан; среднепоздней и поздней – Вектор, Журавинка.

После пяти месяцев хранения проведено тестирование 51 сорта картофеля белорусской и российской селекции по биохимическим показателям (табл. 2).

Таблица 2 – Биохимические показатели сортов картофеля урожая 2014–2015 гг. после пяти месяцев хранения

Сорт	Сухое вещество, %	Суммарный белок, %	Витамин С, мг%	Редуцирующие сахара, %	САС*	Нитраты, мг/кг
<b>Ранняя группа спелости</b>						
Жуковский ранний	17,6	0,97	14,1	0,50	318,5	242,1
Ломоносовский	22,8	1,03	20,6	0,38	470,4	134,2
Матушка	22,1	1,14	15,0	0,40	548,5	199,6
Лига	19,4	1,16	14,0	0,92	316,0	292,2
Уладар	18,8	1,00	13,5	1,05	341,0	60,7
Крепыш	19,8	1,04	12,6	1,08	544,0	107,0
Метеор	18,3	1,05	11,6	0,74	240,5	53,4
Любава	21,4	0,92	12,2	0,40	243,9	109,0
Лилея	19,4	0,94	14,0	0,75	279,5	78,0
Зорачка	19,3	1,04	14,1	0,94	343,3	43,7
Браво	18,0	0,96	14,1	1,14	608,3	82,4
Удача	21,4	1,02	14,2	0,54	347,0	112,7
Алена	23,4	1,20	15,8	0,39	628,0	92,2
Каменский	22,3	1,14	14,7	0,40	493,0	174,1
Огниво	18,8	0,97	15,4	1,08	381,1	153,8
Весна белая	18,8	1,10	12,4	0,75	273,5	143,1
<b>Среднеранняя группа спелости</b>						
Ирбитский	20,0	0,88	19,4	0,76	301,5	86,6
Кортни	21,8	1,06	18,2	0,68	550,2	85,0
Красавчик	23,4	1,08	14,6	0,37	325,6	132,2
Рябинушка	23,9	1,20	15,5	0,58	557,4	89,6
Бриз	19,0	1,10	15,8	1,62	203,4	196,7
Горняк	20,4	1,02	19,3	0,40	474,0	142,0
Манифест	21,2	0,98	11,2	0,41	337,5	111,2
Башкирский	23,0	1,06	14,0	0,22	607,4	165,7
Амур	20,0	0,94	15,2	0,62	342,0	182,8
Чародей	23,1	0,98	15,8	0,21	314,0	54,2
Сударыня	20,1	1,01	14,1	1,00	335,0	103,6
Брянский деликатес	22,6	1,02	23,0	0,24	278,0	103,8
Фрителла	24,8	1,06	20,6	0,19	336,5	165,9
Ильинский	24,0	1,14	17,8	0,50	401,0	91,7

РАЗДЕЛ 1. СЕЛЕКЦИЯ КАРТОФЕЛЯ

Окончание таблицы 2

Сорт	Сухое вещество, %	Суммарный белок, %	Витамин С, мг%	Редуцирующие сахара, %	САС*	Нитраты, мг/кг
Реги	22,8	1,06	14,4	0,44	594,0	136,9
Среднеспелая группа спелости						
Янка	22,8	0,90	18,4	0,25	319,0	101,9
Аврора	19,1	0,96	17,4	0,42	284,9	241,0
Тарасов	19,0	0,95	16,0	0,32	322,6	317,2
Колобок	20,8	0,92	11,9	0,42	239,2	142,4
Скарб	21,0	0,90	13,9	0,76	667,0	140,6
Надежда	24,0	1,27	19,0	0,14	266,5	276,6
Фаворит	19,2	0,98	17,7	0,38	438,5	74,8
Накра	26,4	1,14	17,7	0,36	380,5	92,6
Сиреневый туман	22,8	1,12	18,1	0,24	263,5	70,4
Очарование	22,8	1,09	20,2	0,16	631,5	111,8
Волат	24,6	1,19	15,8	0,36	368,2	167,0
Наяда	24,1	1,13	12,2	0,20	347,0	144,4
Спиридон	21,1	1,12	19,2	0,37	415,5	142,0
Хозяюшка	24,8	1,16	16,0	0,84	457,1	76,4
Великан	22,1	0,98	20,7	0,94	255,8	67,8
Среднепоздняя и поздняя группа спелости						
Вектор	22,9	1,03	17,8	0,30	664,5	57,8
Зольский	24,1	1,21	14,6	0,38	269,9	127,6
Чайка	22,2	1,05	17,1	0,34	266,0	86,0
Журавинка	25,1	1,14	17,4	0,16	153,0	26,8
Мусинский	26,1	1,14	14,7	0,20	279,6	109,0

Примечание. САС – суммарная антиоксидантная способность.

\*иМ эквивалента аскорбиновой кислоты на 100 г сырого веса.

Сорта картофеля должны отличаться высокой питательной ценностью на протяжении всего периода зимнего хранения, поэтому к сортам-эталонам относятся:

по содержанию сухих веществ – Накра, Мусинский;

суммарного белка – Алена, Рябинушка, Надежда, Зольский;

витамина С – Ломоносовский, Брянский деликатес, Фрителла, Очарование, Великан;

редуцирующих сахаров – Башкирский, Чародей, Брянский деликатес, Фрителла, Янка, Надежда, Сиреневый туман, Очарование, Наяда, Журавинка, Мусинский;

суммарной антиоксидантной способности – Браво, Алена, Башкирский, Скарб, Очарование, Вектор;

содержанию нитратов – Уладар, Метеор, Зорачка, Чародей, Фаворит, Сиреневый туман, Хозяюшка, Великан, Вектор.

Для лучшего восприятия результаты биохимических анализов были оценены в баллах по шкале, представленной в таблице 3 [2, 8].

Таблица 3 – Оценка клубней картофеля по биохимическим показателям, балл

Содержание сухих веществ		Содержание белка		Содержание витамина С		Содержание редуцирующих сахаров		САС*	САС, балл
%	балл	%	балл	мг/%	балл	%	балл		
Очень низкое (< 15,0)	1	Очень низкое (< 0,7)	1	Очень низкое (< 12,0)	1	> 0,71	1	Низкое (< 200)	1
Низкое (15,1–20,0)	3	Низкое (0,71–0,90)	3	Низкое (12,1–14,0)	3	0,61–0,70	3	Среднее (200–400)	3
Среднее (20,1–24,0)	5	Среднее (0,91–1,10)	5	Среднее (14,1–16,0)	5	0,51–0,60	5	Выше среднего (400–600)	5
Выше среднего (24,1–26,0)	6	Высокое (1,11–1,50)	7	Выше среднего (16,1–18,0)	6	0,41–0,50	6	Относительно высокое (600–800)	7
Относительно высокое (26,1–28,0)	7	Очень высокое (> 1,51)	9	Относительно высокое (18,1–20,0)	7	0,31–0,40	7	Высокое (> 800)	9
Высокое (28,1–30,0)	8			Высокое (20,1–22,0)	8	0,26–0,30	8		
Очень высокое (> 30,1)	9			Очень высокое (> 22,0)	9	0,25 и менее	9		

Примечание. САС – суммарная антиоксидантная способность.  
\* иМ эквивалента аскорбиновой кислоты на 100 г сырого веса.

РАЗДЕЛ 1. СЕЛЕКЦИЯ КАРТОФЕЛЯ

В случае наивысших оценок по всем трем показателям балл сорта должен составлять 45, а наихудший – 5 баллов. Чем выше балл, тем ценнее сорт по потребительским показателям (табл. 4).

Таблица 4 – Оценка клубней картофеля по биохимическим показателям урожая 2014–2015 гг. (после уборки/после пяти месяцев хранения), балл

Сорт	Содержание сухих веществ	Содержание белка	Содержание витамина С	Содержание редуцирующих сахаров	САС*	Общий балл
<b>Ранняя группа спелости</b>						
Жуковский ранний	3/3	5/5	9/5	9/6	5/3	31/22
Ломоносовский	5/5	7/5	9/8	9/7	3/5	33/30
Матушка	5/5	7/7	9/5	9/7	3/5	33/29
Лига	3/3	7/7	9/3	9/1	3/3	31/17
Уладар	5/3	5/5	9/3	9/1	3/3	31/15
Крепыш	3/3	5/5	6/3	3/1	3/5	20/17
Метеор	3/3	5/5	9/1	8/1	3/3	28/13
Любава	3/5	3/5	6/3	7/7	1/3	20/23
Лилея	5/3	5/5	9/3	5/1	7/3	31/15
Зорачка	3/3	5/5	8/5	1/1	1/3	18/17
Браво	3/3	5/5	9/5	7/1	5/7	29/21
Удача	5/5	5/5	5/5	9/5	3/3	27/23
Алена	5/5	7/7	9/5	9/7	3/7	33/31
Каменский	5/5	7/7	9/5	9/7	3/5	33/29
Огниво	3/3	5/5	9/5	7/1	3/3	27/17
Весна белая	3/3	7/5	9/3	7/1	3/3	29/15
<b>Среднеранняя группа спелости</b>						
Ирбитский	5/3	5/3	9/7	8/1	5/3	32/17
Кортни	5/5	5/5	8/7	7/3	3/5	28/25
Красавчик	5/5	5/5	8/5	9/7	7/3	34/25
Рябинушка	5/5	7/7	9/5	7/5	9/5	37/27
Бриз	3/3	7/5	9/5	1/1	3/3	23/17
Горняк	3/5	5/5	9/7	9/7	3/5	29/29
Манифест	5/5	5/5	7/1	9/6	9/3	35/20
Башкирский	5/5	5/5	9/3	9/9	5/7	33/29
Амур	3/3	5/5	9/5	8/3	3/3	28/19
Чародей	5/5	3/5	9/5	9/9	3/3	29/27
Сударыня	3/5	5/5	9/5	6/1	3/3	26/19
Брянский деликатес	5/5	5/5	9/9	9/9	5/3	33/31
Фрителла	5/6	5/5	9/8	9/9	3/3	31/31
Ильинский	5/5	7/7	6/6	6/6	9/5	33/29
Реги	5/5	5/5	5/5	6/6	3/5	24/26
<b>Среднеспелая группа спелости</b>						
Янка	5/5	5/5	9/6	9/8	5/7	33/31

РАЗДЕЛ 1. СЕЛЕКЦИЯ КАРТОФЕЛЯ

Окончание таблицы 4

Сорт	Содержание сухих веществ	Содержание белка	Содержание витамина С	Содержание редуцирующих сахаров	САС*	Общий балл
Аврора	3/6	5/7	9/5	9/7	3/3	29/28
Тарасов	3/5	5/5	9/6	9/7	3/3	29/26
Колобок	3/6	5/7	6/6	7/9	3/1	24/29
Скарб	5/7	5/7	8/5	6/9	5/3	29/31
Надежда	5/5	7/5	9/6	9/8	3/7	33/31
Фаворит	3/6	5/7	9/5	9/7	5/3	31/28
Накра	6/5	7/5	9/6	9/7	1/3	32/26
Сиреневый туман	5/6	7/7	9/6	9/9	5/1	35/29
Очарование	5/7	7/7	9/5	9/9	5/3	35/31
Волат	5/5	7/5	9/6	9/8	5/7	35/31
Наяда	5/6	5/7	9/5	9/7	3/3	31/28
Спиридон	5/5	7/5	9/6	9/7	3/3	33/26
Хозяюшка	7/6	7/7	9/6	9/9	5/1	37/29
Великан	5/7	5/7	9/5	9/9	3/3	31/31
Среднепоздняя и поздняя группа спелости						
Вектор	5/5	5/5	9/6	9/8	3/7	31/31
Зольский	5/6	7/7	9/5	9/7	3/3	33/28
Чайка	5/5	5/5	9/6	9/7	3/3	31/26
Журавинка	6/6	7/7	9/6	9/9	3/1	34/29
Мусинский	5/7	7/7	9/5	9/9	5/3	35/31

Примечание. САС – суммарная антиоксидантная способность.

\* *иМ* эквивалента аскорбиновой кислоты на 100 г сырого веса.

Выделены сорта картофеля Ломоносовский, Алена, Брянский деликатес, Янка, Надежда, Очарование, Волат, Мусинский, обладающие высокой биологической ценностью на протяжении всего периода хранения.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

К сортам-эталонам относятся:

по содержанию сухих веществ – Ломоносовский, Матушка, Алена, Каменский, Красавчик, Рябинушка, Башкирский, Чародей, Фрителла, Ильинский, Надежда, Накра, Волат, Хозяюшка, Журавинка, Мусинский;

суммарного белка – Алена, Рябинушка, Надежда, Зольский;

витамина С – Ломоносовский, Брянский деликатес, Фрителла, Очарование, Великан;

редуцирующих сахаров – Башкирский, Чародей, Брянский деликатес, Фрителла, Янка, Надежда, Сиреневый туман, Очарование, Наяда, Журавинка, Мусинский;

суммарной антиоксидантной способности – Браво, Алена, Башкирский, Реги, Скарб, Очарование, Вектор;

содержанию нитратов – Уладар, Метеор, Зорачка, Чародей, Фаворит, Си-реневый туман, Хозяюшка, Великан, Вектор, Вектор.

Аў ааааі ў нн даа ёаааі а ааау Ёіі ііі нн ааааааа, Алена, Брянский деликатес, Янка, Надежда, Очарование, Волат, Мусинский, обладающие высокой биологической ценностью.

### Список литературы

1. Бульба беларуская: энцыклапедыя / А. О. Бобрик [и др.]; под общ. ред. И. И. Колядко. – Минск: Беларус. энцыклапедыя імя П. Броўкі, – 2008. – 384 с.
2. Вечер, А. С. Физиология и биохимия картофеля / А. С. Вечер, М. Н. Гончарик. – Минск: Наука и техника, 1973. – С. 264.
3. Brown, C. Antioxidants in potato / C. Brown // American Journal of Potato Research 82. – 2005. – P. 163–172.
4. Практикум по агрохимии / Б. А. Ягодин [и др.]; под ред. Б. А. Ягодина. – М.: Агропромиздат, 1987. – 512 с.
5. Luchhisinger, W. W. Reducing power by the dinitrosallycyl acid method / W. W. Luchhisinger, В. А. Corneski // Anal. Vbiochem. – 1962. – № 4. – P. 346.
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.: Колос, 1987. – 456 с.
8. Параметры качества сортов, методика по различному целевому назначению: отчет о НИР / РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству»; рук. В. Л. Маханько. – аг. Самохваловичи, 2014. – 63 с.

Поступила в редакцию 21.11.2017 г.

V. L. MAKHANKO, L. N. KOZLOVA, O. B. NEZAKONOVA

### COLLECTION ASSESSMENT OF POTATOES VARIETIES OF THE BELARUSIAN AND RUSSIAN BREEDING ON BIOCHEMICAL INDICATORS

#### SUMMARY

*The potatoes varieties of Belarusian and Russian breeding that have a high biological value and grade standards by the dry matter, total protein, vitamin C, reducing sugars, nitrates, total antioxidant capacity are obtained.*

*Key words:* potatoes, variety, dry matter, total protein, vitamin C, reducing sugars, nitrates, total antioxidant capacity.

УДК 635.21:631.527.5:524.01

**Г. И. Пискун, Л. Н. Козлова, А. А. Корзан**

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

## **ОЦЕНКА ГИБРИДНЫХ КОМБИНАЦИЙ КАРТОФЕЛЯ ПО СОДЕРЖАНИЮ ВИТАМИНА С**

### **РЕЗЮМЕ**

*Установлены закономерности наследования содержания витамина С в различных типах скрещиваний. Дана оценка гибридным комбинациям по частоте встречаемости в потомстве генотипов с высоким уровнем аскорбиновой кислоты. Предложены способы подбора исходных форм для гибридизации. Выделены перспективные родительские формы и комбинации для создания сортов с высоким содержанием витамина С.*

*Ключевые слова:* картофель, селекция, гибрид, исходные формы, наследование, витамин С, комбинации.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Картофель, благодаря высокому потреблению, для населения нашей республики является самым дешевым источником витамина С (аскорбиновая кислота), значимость которого в том, что он оказывает благоприятное действие на функции центральной нервной системы, стимулирует деятельность эндокринных желез, способствует лучшему усвоению железа и нормальному кроветворению, продолжает поддерживать иммунитет. Следует подчеркнуть, что это также мощный антиоксидант. В клубнях картофеля, в зависимости от сортовых особенностей и других факторов, содержится 10–40 мг% аскорбиновой кислоты, а в образцах с цветной мякотью ее количество значительно выше 48,6–63,4 мг%, что не уступает таким культурам, как томаты, морковь, огурцы, столовая свекла. При средней норме потребления в пищу 250–300 г картофеля обеспечивается почти суточная потребность человека в этом витамине [1, 2]. Содержание витамина С также является одним из факторов, определяющих пригодность картофеля к промышленной переработке. К сожалению, аскорбиновая кислота является нестойким соединением и в процессе хранения картофеля около половины ее теряется. Потери витамина С в процессе варки в воде или на пару очищенного картофеля, колеблются в пределах 14–30 % в зависимости от сорта. При варке картофеля в неочищенном виде потери витамина С незначительны. Наибольшее количество его (до 50 %) теряется при обжаривании картофеля [2–4]. По литературным данным,

количество витамина С колеблется в больших пределах в зависимости от различных факторов, главным образом от сорта картофеля и условий выращивания. Пределы этого варьирования неодинаковы в разные годы. Многие авторы указывают, что на накопление витамина С наиболее существенное влияние оказывает сорт картофеля [5–8]. Отмечено и значительное влияние метеорологических условий на содержание аскорбиновой кислоты [9–11]. Сухая погода способствует ее увеличению, а влажная и холодная – снижению. Как правило, содержание витамина С на легких почвах выше, чем на тяжелых. Чрезмерное количество азота и калия снижает его содержание, а фосфора – увеличивает. W. Mazurczyk установила, что уровень витамина С в клубнях на 44,0 % зависит от сорта, на 0,9 % – от года выращивания и на 52,0 % – от сочетания этих факторов [11]. Поэтому одна из основных задач современной селекции – создание сортов с высоким содержанием аскорбиновой кислоты.

Следует подчеркнуть, что несмотря на высокую питательную ценность витамина С методические аспекты создания сортов данного направления до настоящего времени разработаны недостаточно. Основное внимание исследователей было направлено на выявление форм с высоким содержанием этого вещества. Так, в ФГБНУ ВИГР им. Н. И. Вавилова выделены образцы с высоким содержанием аскорбиновой кислоты у культурных и диких видов. Повышенным содержанием этого вещества характеризуются сорта Буран, Valisa, Жаворонок, Жуковский ранний, Ильинский, Криница, Лидер, Милавица, Мостовский, Невский, Одиссей, Rasset Verbank, Сентябрь, Уральский ранний, Velocs, Чародей [2, 12, 13]. Весь перспективный материал проходит оценку и в нашем Центре. Высоким содержанием витамина С характеризуются новые сорта Волат, Лель, Фальварак, Рагнеда [14]. Поэтому в наших исследованиях была поставлена цель – изучить закономерности наследования данного признака и на основе этого предложить эффективные способы селекции.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

В качестве материнских форм для гибридизации использовали межвидовые гибриды, созданные в лаборатории исходного материала Центра: 206.53-12, 206.53-2, 206.180-4. Все они с фиолетовой окраской кожуры и частично мякоти. Опылителями были: селекционные образцы 8662-3, 8662-13, 8403-2 с интенсивной красно-фиолетовой окраской кожуры и желтой мякотью, сорта Вектар с частично красным цветом клубня и желтой мякотью и Родрига – клубень ярко-красный, мякоть кремовая. Всего изучено 9 комбинаций. Анализируемые образцы выращивали в питомнике первого клубневого поколения на участке селекционного севооборота. Рядом располагали исходные формы. Почва опытного участка дерново-подзолистая среднесуглинистая, развивающаяся на лессовидном суглинке, характеризуется следующими агрохимическими показателями: рН (KCl) – 5,0–6,2,  $E_2O$  – 243–315,  $P_2O_5$  – 284–468 мг/кг, содержание гумуса – 1,82–2,11 %. Технология общепринятая.



При уборке в каждой комбинации отбирали без браковки по 50 клонов. Определение аскорбиновой кислоты проводили в середине хранения по методике, предложенной Мурри.

Экспериментальные данные обрабатывали на ПЭВМ с использованием пакетов специализированных прикладных программ (AB-Stat V – 1,1, Microsoft Excel). Показатель степени фенотипического доминирования признака (hp) определяли по формуле

$$hp = (F_1 - M_p) / (P_{max} - M_p),$$

где  $F_1$  – среднее значение признака у потомства;

$M_p$  – среднее значение признака у родителей;

$P_{max}$  – среднее значение признака у лучшего родителя.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Установлена в основном средняя степень варьирования (17,4–25,8 %) содержания витамина С (табл. 1). Лишь в гибридных семьях 206.59-12×Родрига изменчивость признака была относительно высокой – 34,0 и 35,0 %. Количество трансгрессивных форм составило 6,0–46,9 %. Лучшей по частоте встречаемости является гибридная семья 206.53-2×Родрига, в которой их выделено 46,9 %, а максимальное значение признака составило 32,2 мг%. Перспективными для создания сортов с высоким содержанием аскорбиновой кислоты можно считать скрещивания 206.53-12×Родрига – 36,0 %, 206.53-12×Вектар – 40,0 %, а также 206.69-12×Родрига. Хотя в последней комбинации число трансгрессий составило 27,9 %, но минимальное и максимальное значение признака было высоким – 19,1 и 37,4 мг%. В этих же скрещиваниях выщеплялось и больше образцов с содержанием витамина С > 20,0 мг%. Из материнских форм высокой комбинационной способностью по данному признаку характеризуется гибрид 206.53-12, в скрещиваниях с участием которого выявлено 28,0–40,0 % трансгрессий и 8,0–30,0 % образцов с содержанием аскорбиновой кислоты > 20,0 мг%. Среди опылителей по передаче потомству этого признака выделяется сорт Родрига, в комбинациях с участием которого число трансгрессивных форм и образцов больше 20,0 мг% составило 27,0–46,9 и 24,4–30 % соответственно. Показатели средних значений родительских форм и гибридного потомства, а также коэффициентов доминирования указывают на различный характер наследования аскорбиновой кислоты. У 33,3 % комбинаций показатели родителей и потомства были приблизительно на одном уровне, а коэффициентов доминирования – близкими к нулю, то есть наблюдалось промежуточное наследование признака, указывающее на аддитивное действие генов. У такого же количества гибридных семей содержание признака у потомства было выше уровня лучшего родителя. В данном случае наследование признака проходило по типу доминирования. Депрессия установлена также у 33,3 % гибридных комбинаций.

Таблица 1 – Содержание витамина С у гибридного потомства в зависимости от происхождения комбинаций

Номер комбинации	Происхождение	Содержание витамина С мг/%				Пределы варьирования min – max потомства	Количество, %		Коэффициент, % (v)	
		♀	♂	родителей	среднее потомства		транстрессий	форм > 20,0 мг/%	вариации	доминирования
8038	206.69-12×Родрига	18,7	16,4	17,6	20,8	19,1–37,4	27,9	29,0	17,4	10,20
9037	206.53-12×Родрига	12,5	16,4	14,4	16,0	4,6–27,6	36,0	30,0	34,0	0,80
9040	206.53-2×Родрига	12,7	16,4	14,4	17,1	5,2–32,2	46,9	24,4	35,0	1,35
9063	206.53-12×Вектар	12,5	16,7	14,6	17,2	12,8–24,7	40,0	24,0	21,9	1,24
9075	206.53-12×8662-13	12,5	16,7	14,6	14,6	9,3–25,4	28,0	8,0	21,2	0
9071	206.80-4×8403-2	20,8	16,0	18,4	15,8	10,1–25,9	6,0	12,0	24,9	1,08
9065	206.80-4×Вектар	20,8	16,7	18,8	15,9	10,6–25,4	13,3	15,6	21,5	-1,45
9072	206.53-2×8662-3	12,7	16,4	14,7	13,2	9,3–21,8	6,0	4,0	19,6	-0,88
9062	206.53-2×Вектар	12,7	16,7	14,7	14,1	6,6–21,5	22,0	8,0	25,8	-0,30

Однако следует отметить, что доминирование было характерно для тех скрещиваний, в которых исходные формы имели низкое содержание витамина С. В меньшей мере это относится к комбинации 200.69-12×Родрига. Здесь же выделено и большее количество форм с содержанием аскорбиновой кислоты > 20,0 мг%. И наоборот, депрессия характерна для скрещиваний, в которых лучший родитель отличался высоким значением данного признака. В этих гибридных семьях выделено и малое количество форм с содержанием витамина С > 20,0 мг%. Эта закономерность подтверждается при расчете коэффициентов корреляции между показателями родителей и частотой ценных образцов (табл. 2).

Таблица 2 – Значения коэффициентов корреляции между показателями родителей, потомства и количеством трансгрессивных форм, 2015 г.

Коррелирующие факторы	Значения (r ± sr)	Коррелирующие показатели	Значения (r ± sr)	Коррелирующие показатели	Значения (r ± sr)
Среднее родителей – среднее потомства	0,352	Среднее потомства – процент трансгрессивных форм	0,720	Среднее родителей – количество гибридов > 20,0 мг%	0,016
Среднее родителей – количество трансгрессий	-0,352	Показатель лучшего родителя – количество трансгрессий	-0,332	Среднее потомства – количество гибридов > 20,0 мг%	0,812

Не установлено определенной взаимосвязи между средним значением признака у родителей и потомства, а также средним показателем родителей и количеством трансгрессивных форм и гибридов с содержанием аскорбиновой кислоты > 20,0 мг%. Это также указывает на невысокую результативность при подборе исходного материала для гибридизации по фенотипу. В то же время выявлена достаточно высокая положительная корреляция между величиной признака у потомства и количеством как трансгрессивных форм, так и гибридов с содержанием витамина С > 20,0 мг%. Следовательно, в комбинациях с высоким средним значением признака высокая вероятность отбора нужных образцов. Между показателем лучшего родителя и количеством трансгрессий сопряженность слабая отрицательная. Приведенные показатели коэффициентов корреляции подтверждают вывод, что эффективно выделять формы с высоким значением признака можно лишь в скрещиваниях, в которых родители обладают высокой комбинационной способностью, а также в комбинациях с высокой специфической комбинационной способностью.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исходя из результатов проведенных исследований, можно сделать следующие выводы:

1. Средняя до относительно высокой степень варьирования (17,4–35,0 %) данного признака указывает на возможность отбора трансгрессивных форм у гибридного потомства, количество которых составляло 6,0–40,0 %.

2. В изученных комбинациях наследование витамина С проходило по типу промежуточного наследования, доминирования и депрессии.

3. Отсутствие или в основном слабая отрицательная корреляция между показателями родителей и потомства, а также исходных форм и частотой образцов с высоким значением признака указывают на неэффективность подбора компонентов скрещиваний по фенотипу. Положительный результат можно получить лишь при использовании в гибридизации исходного материала с высокой комбинационной способностью. В наших исследованиях результатами по отбору форм с высоким содержанием аскорбиновой кислоты были скрещивания, в которых в качестве опылителя использовали сорт Вектар и материнской формы гибрид 206.53-12.

4. Перспективные для создания сортов с высоким содержанием витамина С комбинации 206.53-12×Родрига, 206,80-4×Вектар, 206.53-12×8662-12, 206.53-12×Вектар, в которых выделено: 60,0, 35,5, 25,5, 25,0 % образцов с величиной признака > 20,0 мг%.

### Список литературы

1. Биохимический состав клубней и его влияние на качество картофелепродуктов / Т. П. Букулова [и др.] // Наук. Виданне / Инстит. картоп. УААН. – Немішаева, 1996. – Вип. 27: Картоплярство. – С. 153–159.

2. Кирюхин, В. П. Об организации сырьевых зон / В. П. Кирюхин // Картофель и овощи. – 1990. – № 6. – С. 13–14.

3. Кожушко, Н. С. Селекція картоплі на якість: автореф. дис. ... д-ра с.-г. наук: 06.01.05 / Н. С. Кожушко. – Харків, 1994. – 36 с.

4. Кожушко, Н. С. Сорта картофеля, пригодные для переработки / Н. С. Кожушко, И. В. Кравченко, Е. Т. Гусынина // Консервная и овощесушильная промышленность. – 1982. – № 8. – С. 37–38.

5. Вечер, А. С. Физиология и биохимия картофеля / А. С. Вечер, М. Н. Гончарик. – Минск: Наука и техника, 1973. – С. 264.

6. Картопля / за ред. В. В. Кононученка, М. Я. Молоцького. – Біла Церква, 2002. – Т. 1. – 536 с.

7. Козлова, Л. Н. Влияние сорта и условий выращивания на показатели качества клубней картофеля и пригодность их к переработке: материалы науч.-практ. конф. молодых ученых / Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т картофелеводства НАН Беларуси. – Минск, 2004. – С. 131–135.

8. Zgorska, K. Wplyw warunkow w czasie wegetacji oraz temperatury przechowywania na cechy jakosci ziemniaka przeznaczonych do przetworstwa / K. Zgorska // Biul. Inst. Ziemn. – 2000. – № 213. – P. 239–251.

9. Гукалина, Т. В. Содержание аскорбиновой кислоты в клубнях в зависимости от условий замораживания / Т. В. Гукалина, Т. В. Ковганенко // Консервная и овощесушильная промышленность. – 1984. – № 4. – С. 17.

10. Колядко, И. И. Вариабельность биохимических показателей сортов и гибридов картофеля в зависимости от условий выращивания / И. И. Колядко, О. М. Колядко, Л. Н. Козлова // Актуальные проблемы адаптивной интенсификации земледелия на рубеже столетий: материалы Междунар. науч.-практ. конф., Щучин, 16 июня 2000 г. – Минск: Хата, 2000. – С. 276–278.

11. Mazurczyk, W. Skład chemiczny dojrzałych bulw 30 odmian ziemniaka / W. Mazurczyk // Biul. Inst. Ziemn. – 1992. – № 44. – Р. 5–8.

12. Киру, С. Д. Мировой коллекции ВИР 80 лет / С. Д. Киру // К 80-летию мировой коллекции картофеля: труды по прикладной ботанике, генетике, селекции. – СПб., 2007. – Т. 161. – С. 7–21.

13. Шанина, Е. П. Селекция картофеля различного назначения на Среднем Урале: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.01.05 / Е. П. Шанина. – Тюмень, 2012. – 32 с.

14. Маханько, В. Л. Новые сорта картофеля с повышенной биологической ценностью / В. Л. Маханько [и др.] // Картофелеводство. – 2014. – Т. 22. – С. 5–12.

Поступила в редакцию 20.11.2017 г.

G. I. PISKUN, L. N. KOZLOVA, A. A. KORZAN

## EVALUATION OF HYBRID COMBINATIONS ON THE CONTENT OF VITAMIN C

### SUMMARY

*The regularities of vitamin C inheritance in different types of crosses are made. The estimation of the hybrid combinations by occurrence frequency in the offspring genotypes with high levels of ascorbic acid is given. The proposed methods of selection of initial forms for hybridization are suggested. Identification of promising parental forms and combinations to create varieties with a high content of vitamin C are selected.*

*Key words:* potatoes, breeding, hybrid, original forms, inheritance, vitamin C, combinations.

УДК 635.21:631.526.325

**Е. А. Симаков, А. В. Митюшкин, Ал-др В. Митюшкин,  
А. А. Журавлев, С. С. Салюков, С. В. Овечкин, А. С. Гайзатулин**

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт  
картофельного хозяйства имени А. Г. Лорха», пос. Красково,  
Люберецкий район, Московская область, Россия  
E-mail: vniikh@mail.ru

## **СЕЛЕКЦИЯ НА ПОВЫШЕНИЕ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ И КУЛИНАРНЫХ КАЧЕСТВ СТОЛОВЫХ СОРТОВ КАРТОФЕЛЯ**

### **РЕЗЮМЕ**

*В статье приведены результаты оценки 25 сортообразцов картофеля по показателям потребительских и кулинарных качеств клубней, на основе которых подобраны родительские формы для гибридизации. В процессе полевых испытаний селекционного материала установлено, что гибриды с комплексом данных качеств клубней идентифицированы в скрещиваниях компонентов как с высокими показателями селективируемых признаков, так и со средней степенью их фенотипического проявления.*

*Ключевые слова:* картофель, селекция, родительские формы, скрещивания, гибриды, потребительские и кулинарные качества клубней, результативность отбора.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Известно, что при всей очевидности достигнутых результатов научными учреждениями России в области практической селекции картофеля темпы расширения площадей под новыми перспективными сортами серьезно отстают от запросов отечественных товаропроизводителей [1, 2]. Это свидетельствует о том, что в условиях современного рынка сельскохозяйственные предприятия и крестьянские (фермерские) хозяйства испытывают острый дефицит высокопродуктивных сортов картофеля столового назначения с высокими качественными характеристиками, клубни которых пригодны для питания в свежем виде. Данная проблема особенно актуальна при постоянно возрастающей и довольно жесткой конкуренции с целым рядом европейских селекционно-семеноводческих компаний, поставляющих семенной картофель в Россию [3].

В этой связи при создании высокоурожайных и устойчивых к биотическим и абиотическим факторам среды столовых сортов картофеля возникает острая необходимость кардинального улучшения потребительских и кулинарных характеристик клубней, в том числе отсутствие потемнения мякоти до и после приготовления разнообразных готовых продуктов.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Экспериментальные исследования проведены в 2015–2016 гг. в условиях мелкоделяночных опытов экспериментальной базы ВНИИКХ «Пышлицы» Шатурского района Московской области. Опытные сортообразцы выращивали в одинаковых почвенных и агротехнических условиях. При уборке от каждого сортообразца отбирали по 10–15 здоровых клубней среднего размера (диаметром 5–6 см округлой и 4–5 см овальной формы) и сохраняли в условиях оптимальной температуры и влажности воздуха. Лабораторные оценки проводили через 1,5–2,0 месяца после уборки.

Крахмалистость клубней определяли по удельной массе согласно общепринятой методике. Из потребительских качеств оценивали форму клубней, глубину глазков, окраску кожуры и мякоти в соответствии с классификацией UPOV, а кулинарных – разваримость, мучнистость, вкус, потемнение мякоти сырых и вареных клубней по методике, рекомендованной международной рабочей группой EAPR.

Согласно этой методике выделяли 4 типа столового картофеля: А – салатный, клубни не развариваются; В – универсальный, клубни слабо развариваются (пригоден для поджаривания, отваривания, приготовления супов в домашних условиях); С – мучнистый, клубни хорошо развариваются (пригоден для пюре, запекания в индустрии питания); D – сильно мучнистый, клубни полностью развариваются (пригоден на корм животным, для производства крахмала).

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

При сравнительном изучении сортообразцов привлекали известные столовые сорта – эталоны, а в качестве стандарта по содержанию крахмала использовали высококрахмалистый сорт Накра, средняя крахмалистость которого составляла 18,4 %. Более благоприятным для крахмалонакопления был 2016 г., когда сумма температур и количество осадков приближались к средним многолетним. Неравномерным выпадением осадков отличался 2015 г., что способствовало усиленному дыханию растений, израстанию клубней и замедлению процесса крахмалонакопления. В условиях неблагоприятной погоды, оптимального уровня минерального питания и довольно короткого вегетационного периода ни один среднепоздний сорт по крахмалистости не достиг уровня сорта Накра. Наиболее высококрахмалистым оказался сорт Свитанок Киевский с содержанием крахмала в среднем за 2015–2016 гг. на уровне 17,8 % (табл. 1).

Результаты оценки родительских форм по интенсивности потемнения мякоти сырых и вареных клубней показали, что наиболее стабильными в отношении данного признака (8–9 баллов) оказались сорта Накра, Наяда, Пикассо, Сатурна и гибриды 807-7, 88.16/20, 90.30/3, 946-3; умеренно и слаботемнеющую мякоть имели сорта Блакит, Фелокс, Рая, Свитанок Киевский и гибрид 1198-2; сильнотемнеющую – сорта Адора, Аусония, Кардинал, Удача, Черниговский, Ягодка и гибрид 81.14/61 (см. табл. 1).

РАЗДЕЛ 1. СЕЛЕКЦИЯ КАРТОФЕЛЯ

Таблица 1 – Характеристика кулинарных качеств клубней родительских форм для гибридизации, 2015–2016 гг.

Сорт, гибрид	Группа спелости	Крахмал- лигость, %	Потемнение мякоти клубней, балл		Органолептические показатели, балл		Вкус, балл	Кулинарный тип
			сырых	вареных	мучнистость	разваримость		
Адора	Среднеранняя	13,5	7	5	5	7	4,0	ВА
Аусония	Среднеранняя	13,0	6	5	7	7	4,2	В
Блакит	Среднепоздняя	14,7	7	7	5	7	3,9	ВА
Фелокс	Ранняя	12,7	7	7	5	7	4,0	А
Гранола	Среднепоздняя	12,5	7	9	7	7	4,1	В
Кардинал	Среднепоздняя	15,6	7	5	7	7	4,2	В
Конкорд	Среднепоздняя	16,5	7	5	7	7	4,2	В
Накра	Среднепоздняя	18,4	9	7	7	7	4,1	ВС
Наяда	Среднепоздняя	14,6	8	8	5	5	4,0	АВ
Нида	Среднепоздняя	14,2	7	7	7	7	4,5	ВС
Пикассо	Среднепоздняя	14,5	9	7	5	7	3,8	АВ
Рая	Среднепоздняя	13,2	7	7	5	7	4,0	В
Романо	Среднепоздняя	12,3	6	7	7	5	3,9	АВ
Сатурна	Среднепоздняя	16,2	9	7	5	5	3,8	АВ
Свитанок Киевский	Среднепоздняя	17,8	7	7	7	7	5,0	ВС
Удача	Ранняя	12,3	5	5	5	5	4,0	АВ
Черниговский	Среднепоздняя	12,6	5	5	5	7	4,0	А
Ягодка	Ранняя	11,0	5	5	7	7	4,1	В
1198-2	Среднепоздняя	13,4	7	7	5	7	3,9	А
128-6	Среднепоздняя	12,9	6	5	7	5	4,0	АВ
807-8	Среднепоздняя	14,2	8	8	7	7	4,2	В
81.14/61	Среднепоздняя	15,3	5	5	5	9	4,0	ВС
88.16/20	Среднепоздняя	16,1	9	9	7	7	4,4	ВС
90.30/3	Среднепоздняя	15,8	8	8	7	9	4,2	В
946-3	Среднепоздняя	15,5	7	8	7	9	4,7	ВС



Отсутствие тесной связи интенсивности потемнения мякоти как сырых, так и вареных клубней с содержанием крахмала и сроком созревания сортов обуславливает необходимость тщательного подбора родительских пар для гибридизации, отличающихся высокой устойчивостью к потемнению мякоти клубней в сыром и вареном виде.

Изучаемый сортимент картофеля оценивали с точки зрения вкусовых и кулинарных качеств клубней. Хорошим вкусом клубней с оценкой выше 4,0 баллов, сильной разваримостью и рассыпчатостью их мякоти выделялись сорта Аусония, Гранола, Кардинал, Конкорд, Накра, Нида, Свитанок Киевский, Ягодка и гибриды 807-8, 88.16/20, 90.30/3 и 946-3. Исходя из высоких органолептических показателей (7–9 баллов) мякоти клубней данных сортообразцов, большинство из них относятся к кулинарному типу В и реже ВС.

В таблице 2 представлена характеристика потребительских качеств клубней анализируемых родительских форм. Из представленных данных видно, что изучаемая группа сортообразцов в своем большинстве имеет светло-желтую окраску кожуры и мякоти клубней с мелким залеганием глазков, что является весьма удачным сочетанием признаков для столовых сортов картофеля.

Более того, из 25 сортообразцов округлая форма клубней выявлена у 6 (сорта Накра, Нида и гибриды 128-6, 807-8, 88.16/20, 90.30/3), округло-овальная – у 9 (сорта Блакит, Гранола, Няда, Романо, Сатурна, Свитанок Киевский, Черниговский и гибриды 81.14/61, 946-3), овальная – у 8 (сорта Адора, Аусония, Фелокс, Кардинал, Пикассо, Рая, Ягодка и гибрид 1198-2) и удлинненно-овальная – только у 2 (сорта Конкорд и Удача). Индекс формы клубней варьировал от 1,02 до 1,11 у сортообразцов с округлой формой; от 1,12 до 1,33 – с округло-овальной формой; от 1,35 до 1,46 – с овальной и от 1,48 до 1,51 – с удлинненно-овальной формой клубней.

Исходя из того, что повышение эффективности селекционного отбора гибридов с высокими потребительскими и кулинарными качествами клубней тесно связано с увеличением частоты встречаемости таких форм в гибридном потомстве, было проанализировано более 3800 одноклубневых гибридов 23 популяций от скрещивания различных по степени проявления селективируемых признаков родительских форм. При этом оценивали частоту встречаемости гибридов с овальной или удлинненно-овальной формой клубней с мелким залеганием глазков, слабо темнеющей или нетемнеющей мякотью, пригодных для приготовления салатов (тип А), супов, поджаривания и отваривания (тип В) в домашних условиях (табл. 3).

По результатам анализа гибридных популяций выявлено, что частота встречаемости гибридов, клубни которых отличаются мелким залеганием глазков, овальной (индекс формы 1,30–1,49) или удлинненно-овальной (индекс формы 1,50–1,69) формой варьировала от 28,8 до 73,2 % и от 6,5 до 29,6 % соответственно, а с нетемнеющей мякотью – от 1,7 до 70,9 %. Наиболее значительная доля гибридов с такими параметрами признаков отмечена в популяциях, полученных с участием сортов Адора, Блакит, Свитанок Киевский,

РАЗДЕЛ 1. СЕЛЕКЦИЯ КАРТОФЕЛЯ

Таблица 2 – Характеристика потребительских качеств клубней родительских форм для гибридизации, 2015–2016 гг.

Сорта, гибриды	Группа спелости	Форма клубня	Глубина глазков	Окраска		Индекс формы клубней
				кожуры	мякоти	
Адора	Среднеранняя	Овальная	Мелкая	Светло-желтая	Светло-желтая	1,46
Аусония	Среднеранняя	Овальная	Мелкая	Светло-желтая	Светло-желтая	1,43
Блакит	Среднепоздняя	Округло-овальная	Мелкая	Светло-желтая	Светло-желтая	1,17
Фелокс	Ранняя	Овальная	Мелкая	Желтая	Светло-желтая	1,39
Гранола	Среднеспелая	Округло-овальная	От мелкой до средней	Светло-желтая	Светло-желтая	1,19
Кардинал	Среднеспелая	Овальная	Мелкая	Красная	Светло-желтая	1,36
Конкорд	Среднеспелая	Удлиненно-овальная	Мелкая	Светло-желтая	Светло-желтая	1,48
Накра	Среднеспелая	Округлая	От мелкой до средней	Красная	Светло-желтая	1,02
Наяда	Среднеспелая	Округло-овальная	Мелкая	Светло-желтая	Белая	1,22
Нида	Среднеспелая	Округлая	От мелкой до средней	Светло-желтая	Светло-желтая	1,06
Пикассо	Среднепоздняя	Овальная	Мелкая	Желтая	Светло-желтая	1,44
Рая	Среднеранняя	Овальная	Мелкая	Розовая	Светло-желтая	1,39
Романо	Среднеранняя	Округло-овальная	Средняя	Красная	Кремовая	1,35
Сатурна	Среднеспелая	Округло-овальная	Средняя	Желтая	Светло-желтая	1,13
Свитанок Киевский	Среднеранняя	Округло-овальная	Мелкая	Розовая	Светло-желтая	1,25
Удача	Ранняя	Удлиненно-овальная	Мелкая	Светло-желтая	Белая	1,51
Черниговский	Среднеранняя	Округло-овальная	Мелкая	Светло-желтая	Светло-желтая	1,18
Ягодка	Ранняя	Овальная	Мелкая	Красная	Кремовая	1,36
1198-2	Среднеранняя	Овальная	От мелкой до средней	Желтая	Кремовая	1,35
128-6	Среднеспелая	Округлая	Мелкая	Бежевая	Кремовая	1,08
807-8	Среднеспелая	Округлая	Мелкая	Бежевая	Светло-желтая	1,01
81.14/61	Среднеспелая	Округло-овальная	Мелкая	Бежевая	Кремовая	1,12
88.16/20	Среднеспелая	Округлая	Средняя	Бежевая	Кремовая	1,10
90.30/3	Среднеспелая	Округлая	Мелкая	Светло-желтая	Кремовая	1,11
946-3	Среднеспелая	Округло-овальная	Мелкая	Розовая	Белая	1,33

РАЗДЕЛ 1. СЕЛЕКЦИЯ КАРТОФЕЛЯ

Таблица 3 – Результативность отбора гибридов с комплексом потребительских и кулинарных качеств клубней, 2016 г.

Селекционный номер	Происхождение гибридных комбинаций	Оценено гибридов	Отобрано гибридов													
			с мелким залеганием глазков и индексом формы клубней 1,30–1,49					с мелким залеганием глазков и индексом формы клубней 1,50–1,69					из них с нетемнеющей мякотью		в том числе хозяйственно ценных	
			шт.	%	шт.	%	шт.	%	шт.	%	шт.	%	шт.	%	шт.	%
1341	128-6×Пикассо	211	75	35,5	28	13,3	4	3,9	2	1,9						
1356	Кардинал×Конкорд	192	88	45,8	32	16,7	2	1,7	0	0						
1385	Накра×Нида	148	54	36,5	15	10,1	39	56,5	12	17,3						
1387	90.30/3×Нида	156	45	28,8	17	10,9	44	70,9	14	19,4						
1391	Удача×Романо	202	98	48,5	29	14,4	35	27,6	6	4,7						
1401	81.14/61×Черниговский	148	75	50,7	24	16,2	0	0	0	0						
1483	Гранола×Пикассо	156	101	64,7	35	22,4	58	42,6	8	5,9						
1491	Удача×Нида	188	126	67,0	44	23,4	6	3,5	2	1,2						
1494	Фелокс×1198-2	221	145	65,6	38	17,2	75	40,9	10	5,5						
1495	Свитанок Киевский×Нида	177	88	49,7	25	14,1	44	38,9	15	13,2						
1496	Свитанок Киевский×Аусония	141	99	70,2	34	24,1	22	16,5	4	3,0						
1498	Рая×88.16/20	132	75	56,8	28	21,2	14	13,6	1	0,9						
1513	Сатурна×Конкорд	127	42	33,1	11	8,7	7	13,2	1	1,9						
1515	Блакит×1198-2	186	65	34,9	12	6,5	36	46,8	6	7,8						
1517	Наяда×1198-2	202	84	41,6	15	7,4	42	42,4	8	8,1						
1518	Черниговский×1198-2	130	75	57,5	32	24,6	11	10,3	2	1,9						
1527	Нида×Ягодка	146	93	63,7	29	19,8	10	8,2	1	0,8						
1533	81.14/61×Аусония	154	102	66,2	32	20,7	0	0	0	0						
1536	Свитанок Киевский×Романо	142	104	73,2	42	29,6	36	24,7	2	1,4						
1537	Свитанок Киевский×807-8	189	127	67,2	31	16,4	72	45,6	12	7,6						
1538	Адора×946-3	175	117	66,9	28	16,0	69	47,6	9	6,2						
1541	81.14/61×1198-2	204	142	69,6	35	17,2	49	27,8	3	1,7						
1546	Конкорд×Адора	136	89	65,4	27	19,9	4	3,4	0	0						

Гранола, Накра, Нида, Наяда, Романо, Рая, Кардинал, Конкорд и гибридов 1198-2, 81.14/61, 88.16/20, 946-3. В частности, по этому показателю выделены наиболее результативные гибридные популяции, происходящие от скрещивания Накра×Нида, 90.30/3×Нида, Гранола×Пикассо, Фелокс×1198-2, Свитанок Киевский×Нида, Свитанок Киевский×Аусония, Свитанок Киевский×Романо, Свитанок Киевский×807-8, Адора×946-3, 81.14/61×1198-2. Отсюда следует, что гибриды с комплексом потребительских и кулинарных качеств клубней идентифицированы в скрещиваниях с участием родительских форм не только с высокими показателями селективируемых признаков, но и сортообразцов со средней степенью их фенотипического проявления. Частота встречаемости рекомбинантных форм, характеризующихся комплексом потребительских и кулинарных качеств, являющаяся показателем эффективности селекционного отбора, варьировала от 0,8 до 19,4 % в зависимости от вариантов скрещивания родительских пар.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

На основе многочисленных оценок родительских форм картофеля установлен различный уровень показателей потребительских и кулинарных качеств клубней. По комплексу селективируемых признаков выделились сорта Адора, Аусония, Блакит, Свитанок Киевский, Гранола, Накра, Нида, Наяда, Романо, Рая, Кардинал, Конкорд и гибриды 1198-2, 81.14/61, 88.16/20, 946-3, которые рекомендуются в качестве исходных родительских пар для гибридизации. В селекции на повышение потребительских и кулинарных качеств столовых сортов картофеля при подборе родительских форм для скрещивания наиболее существенны индекс формы клубней, глубина залегания глазков, органолептические показатели и потемнение мякоти клубней в сыром и особенно в вареном виде.

### **Список литературы**

1. Симаков, Е. А. Перспективы селекции сортов картофеля для диетического питания / Е. А. Симаков, И. М. Яшина // Картофелеводство: сб. науч. тр. / ННЦ по картофелю и плодовоовощеводству. – Минск, 2008. – Т. 14. – С. 304–316.
2. Симаков, Е. А. Современные тенденции и перспективы развития селекции и семеноводства картофеля / Е. А. Симаков // Современные тенденции и перспективы инновационного развития картофелеводства: материалы науч.-практ. конф., Чебоксары, 17–19 февр. 2010 г. – Чебоксары, 2011. – С. 6–9.
3. Анисимов, Б. В. Эффективные средоулучшающие и защитные агроприемы, ограничивающие распространение вирусных болезней при выращивании оригинального и элитного семенного картофеля / Б. В. Анисимов, С. М. Юрлова, О. С. Хутинаев // Современные тенденции и перспективы инновационного развития картофелеводства: материалы науч.-практ. конф., Чебоксары, 17–19 февр. 2010 г. – Чебоксары, 2011. – С. 49–52.

Поступила в редакцию 20.11.2017 г.

E. A. SIMAKOV, A. V. MITYUSHKIN, AL-R. V. MITYUSHKIN,  
A. A. ZHURAVLEV, S. S. SALYUKOV, S. V. OVECHKIN,  
A. S. GAIZATULIN

## **INCREASE BREEDING TO CONSUMER AND COOKING QUALITIES OF TABLE POTATOES VARIETIES**

### **SUMMARY**

*The evaluation results of 25 potatoes varieties for the consumer and cooking qualities of the tubers and parental forms for hybridization were chosen. In the process of field-testing of breeding material, it was established that the hybrids with a complex of qualities of tubers identified in the crosses of components with high selective signs and with the average degree of their phenotypic manifestations.*

*Key words:* potatoes, breeding, parental forms, crosses, hybrids, consumer and cooking qualities of tubers, selection efficiency.

УДК 635.21:631.527

**А. В. Чашинский, И. В. Леванцевич**

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

## **ИЗУЧЕНИЕ НАСЛЕДОВАНИЯ ПРИЗНАКА ФИТОФТОРОУСТОЙЧИВОСТИ КЛУБНЕЙ В ГИБРИДНЫХ ПОПУЛЯЦИЯХ КАРТОФЕЛЯ, ПОЛУЧЕННЫХ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СЛОЖНЫХ МЕЖВИДОВЫХ ГИБРИДОВ**

### **РЕЗЮМЕ**

*В статье приведены результаты исследований по изучению признака устойчивости клубней к фитофторозу в гибридных комбинациях картофеля, полученных на основе видов *S. demissum*, *S. bulbocastanum*, *S. stoloniferum*, *S. verrucosum*, *S. polytrichon*, *S. vernei*, *S. chacoense*, *S. berthaultii*, *S. sucrense*, *S. phureja*, *S. rubinii* и *S. andigenum*. Выделены перспективные по устойчивости к фитофторозу клубней (7,1–8,6 баллов) популяции. На основании показателя степени фенотипического доминирования выявлены различные типы наследования изучаемого признака. При изучении коэффициента наследуемости в широком смысле установлено, что на фитофтороустойчивость клубней основное влияние оказывают генетические факторы ( $r^2 = 0,6–0,9$ ), доля же паратипической изменчивости составила 10–40 %.*

*Ключевые слова:* селекция картофеля, дикие виды, межвидовые гибриды, устойчивость, фитофтороз.

### **ВВЕДЕНИЕ**

В Республике Беларусь фитофтороз картофеля, вызываемый оомицетом *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary, является одной из самых вредоносных болезней картофеля [1]. Патоген обладает большой пластичностью и генетической вариабельностью, что выражается в его способности к образованию многочисленных физиологических рас с различной вирулентностью и с разной степенью агрессивности [2]. Наряду с повреждением ботвы в период вегетации, фитофтороз поражает клубни картофеля во время хранения, что приводит к потере урожая до 15–20 %. [1]. До недавнего времени устойчивость к фитофторозу клубней привлекала меньшее внимание селекционеров, так как у большинства сортов она находилась на удовлетворительном уровне, несмотря на отдельные случаи сильного их поражения. Однако в связи с широким распространением  $A_2$ -типа совместимости и появлением новых,

более сложных рас фитофтороза ситуация изменилась и привела к тому, что клубни многих сортов стали сильно поражаться фитофторозом [3, 4, 5].

В связи с этим при создании нового исходного материала картофеля, устойчивого к фитофторозу, необходимо придавать большое значение не только устойчивости надземных частей растений, но и клубней. Считается, что устойчивость ботвы и клубней проявляется независимо. У *S. tuberosum* наблюдается сильное сцепление между устойчивостью ботвы и позднеспелостью и отсутствие такой взаимосвязи между позднеспелостью и устойчивостью клубней [6]. Полевая устойчивость клубней является полигенным признаком и контролируется разными системами полигенов [7]. Источниками устойчивости к фитофторозу клубней являются образцы диких видов картофеля *S. demissum*, *S. stoloniferum*, *S. bulbocastanum*, *S. polyadenium*, *S. vernei*, *S. verrucosum* и др. [8, 9]. Поэтому создание нового исходного материала с комплексной устойчивостью к фитофторозу должно базироваться на широком использовании диких видов картофеля, а также межвидовых гибридов, полученных на их основе. Важными элементами работы при создании фитофтороустойчивых образцов является анализ проявления данного признака в потомстве и изучение характера его наследования с целью оптимизации селекционного процесса.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Исследования проводили в течение 2010–2016 гг. В работе по изучению наследования признака устойчивости к фитофторозу клубней использовали потомство, которое получено в результате гибридизации сложных межвидовых гибридов картофеля, имеющих в своем генотипе гены следующих видов: *S. demissum*, *S. bulbocastanum*, *S. stoloniferum*, *S. verrucosum*, *S. polytrichon*, *S. vernei*, *S. chacoense*, *S. berthaultii*, *S. sucrense*, *S. phureja*, *S. rybinii* и *S. Andigenum*. Они взяты в качестве материнских форм с образцами, устойчивыми к грибным, вирусным и бактериальным заболеваниям в сочетании с другими хозяйственно ценными признаками, созданы в отделе селекции и лаборатории генетики картофеля РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству».

Лабораторную оценку образцов по устойчивости к фитофторозу клубней проводили совместно с отделом защиты картофеля согласно методическим рекомендациям «Методы оценки картофеля, овощных и плодовых культур на устойчивость к болезням» [10].

Показатель степени фенотипического доминирования рассчитывали по методу Гриффинга [11, 12]

$$(h_p = (F_1 - M_p) / (P_{\max} - M_p),$$

где  $F_1$  – среднее арифметическое значение признака у потомства.

$M_p$  – среднее значение признака обоих родителей.

$P_{\max}$  – максимальное значение признака лучшего родителя.

$h_p$  – степень фенотипического доминирования.

Математическую обработку экспериментальных данных выполняли с использованием статистических методов П. Ф. Ракицкого [13].

Коэффициент наследуемости ( $H^2$ ) рассчитывали по показателям изменчивости потомства и родительских форм. Так как общепринятым показателем изменчивости признака любой совокупности служит средний квадрат отклонения ( $\sigma^2$ ), то путем сопоставления изменчивости родителей и потомства были получены данные по коэффициенту наследуемости в широком смысле для каждой изученной популяции:

$$H^2 = (\sigma^2 F - \sigma^2 P) / \sigma^2 F,$$

где  $\sigma^2 F$  – вариация потомства по устойчивости к фитофторозу клубней;  
 $\sigma^2 P$  – средняя вариация родителей [14].

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В течение 2010–2016 гг. изучено 19 гибридных популяций по признаку устойчивости к фитофторозу клубней.

Оценка гибридов проводилась на искусственном инфекционном фоне в лабораторных условиях.

Средний балл устойчивости потомства к фитофторозу клубней составил от 4,2 до 8,6 балла в зависимости от популяции. Гибриды с устойчивостью 7–9 баллов составляли от 0 до 100 %. Характеристика гибридных популяций по фитофтороустойчивости клубней представлена в таблице 1.

Самая высокая устойчивость к патогену (8,1–8,6 балла) отмечена в комбинациях 69-09 и 76-09, где в качестве материнской формы использовались сложные межвидовые гибриды 80-00-7 (*S. stoloniferum*, *S. polytrichon*, *S. vernei*) и 311-03-2В, (*S. stoloniferum*, *S. polytrichon*, *S. andigenum*, *S. vernei*, *S. rybinii*). Гибриды с устойчивостью 7–9 баллов в этих популяциях составили 100 %. Низкий коэффициент вариации от 6,9 до 8,7 % свидетельствует об эффективном генетическом контроле признака фитофтороустойчивости клубней.

В популяциях 152-09, 71-09, 56-09, 114-07 и 138-12 средняя устойчивость к патогену составила 7,1–7,9 балла. Данные комбинации получены с использованием в качестве материнских форм сложных межвидовых гибридов 189-04-21, 189-04-7 (*S. stoloniferum*, *S. polytrichon* и *S. vernei*), 308-03-20 (*S. demissum*, *S. vernei*, *S. andigenum*) и 266-03-1 (*S. demissum*, *S. vernei*, *S. sucrense*). Гибриды 189-04-21 и 189-04-7 являются первичными беккроссами межвидового гибрида 80-00-12 (*S. stoloniferum*, *S. polytrichon*, *S. vernei*). В качестве опылителей были взяты гибриды 191-03-5, полученные на основе видов *S. verrucosum*, *S. berthaultii*, *S. Vernei*, образец к 15313-4 культурного вида *S. andigenum*, а также сорта Гостинец (106-04-17), Максимум (5-02-42) и Лилея, характеризующиеся различным уровнем устойчивости к фитофторозу клубней. Количество форм с относительно высокой и высокой устойчивостью к патогену в этих популяциях составило от 61,5 до 77,8 %. Коэффициент вариации колебался от 17,1 до 20,8.



РАЗДЕЛ 1. СЕЛЕКЦИЯ КАРТОФЕЛЯ

Таблица 1 – Характеристика потомства, полученного на основе сложных межвидовых гибридов картофеля, по признаку устойчивости к фитофторозу клубней, 2010–2016 гг.

Гибридная популяция	Происхождение	Среднее арифметическое (X), балл	Среднее квадратическое ( $\sigma$ ), балл	Коэффициент вариации (CV), %	Гибриды с устойчивостью 7–9 баллов, %
69-09	80-00-7×106-04-17	8,6	0,6	6,9	100
76-09	311-03-2В×106-04-17	8,1	0,7	8,7	100
152-09	189-04-21×191-03-5	7,9	1,6	20,8	77,8
71-09	189-04-21×106-04-17	7,7	1,4	18,2	70,0
56-09	189-04-7×Лилея	7,6	1,3	17,1	71,4
114-07	308-03-20×5-02-42	7,1	1,3	18,3	61,5
138-12	266-03-1×к15313-4	7,1	1,3	18,4	75,0
50-12	503-55×032532-7	6,9	1,3	18,3	62,5
53-12	310-03-7×032532-7	6,8	1,3	19,2	20,0
12-12	189-04-21×8492-1	6,7	1,5	22,6	50,0
231-11	310-03-7×204.50-8	6,4	1,9	30,4	34,0
145-11	310-03-7×к27147-4	6,4	1,3	19,8	0,0
16-12	311-03-2В×032532-7	6,2	1,6	27,5	37,5
4-11	189-04-7×032532-7	5,6	0,9	16,9	9,1
272-12	159-99-2×S.vernei	5,6	1,4	25,9	25,0
37-09	308-03-13×106-04-17	5,2	0,7	13,5	0,0
54-12	266-03-1×032532-7	5,2	0,9	18,2	0,0
190-07	311-03-14×8ху02-30	4,8	2,5	25,1	18,2
238-11	308-03-13×191-03-5	4,2	0,9	21,4	0,0

Несколько ниже среднеарифметический балл устойчивости (6,7–6,9) к фитофторозу клубней отмечен в комбинациях 50-12, 53-12 и 12-12. Комбинация 50-12 получена с использованием соматического гибрида 503-55, созданного с использованием вида *S. bulbocastanum*. Популяции 53-12 и 12-12 получены на основе видов *S. stoloniferum*, *S. polytrichon*, *S. vernei* и *S. andigenum*. Процент высокоустойчивых к фитофторозу клубней составил 20,0–62,5 %.

Устойчивость к фитофторозу клубней на уровне 5,2–6,4 отмечена у 7 изученных популяций. Из них в комбинациях 37-09 и 54-12 не выделено ни одной формы, обладающей относительно высокой и высокой устойчивостью к фитофторозу клубней.

Низким среднеарифметическим баллом устойчивости (4,2–4,8) характеризовались комбинации 190-07 и 238-11. Причем среди образцов популяции 190-07 выделено 18,2 % гибридов с высокой и относительно высокой устойчивостью клубней к патогену.

Генетический анализ полигенной изменчивости базируется на использовании статистических методов, в основу которых положен принцип сравнения средних величин признаков и их дисперсий.

На основании показателя степени фенотипического доминирования в изученных комбинациях были выявлены различные типы наследования признака устойчивости к фитофторозу по клубням, которые были разделены нами на 5 групп (табл. 2).

В результате проведенных исследований 8 комбинаций были отнесены в группу, у которой средний арифметический балл устойчивости потомства к фитофторозу клубней был выше устойчивости лучшего из родителей (гетерозис признака). Данные комбинации в основном получены при скрещивании родительских форм как с низкой устойчивостью, так и образцов с относительно высокой устойчивостью к фитофторозу клубней. По-видимому, в результате гибридизации произошла рекомбинация генов у полученных гибридов и поэтому за счет комплементарных эффектов отмечено увеличение устойчивости полученного потомства в сравнении с родительскими формами. Исключение составили комбинации 4-11, которая получена при скрещивании гибрида 189-04-7 со средней устойчивостью с сортом Манифест (032532-7), имеющим низкий уровень устойчивости, 114-07, полученная при скрещивании среднеустойчивых родительских форм.

У двух изученных популяций 53-12 и 56-09 отмечено положительное доминирование признака фитофтороустойчивости клубней. В этих комбинациях средняя арифметическая устойчивость полученных гибридов была близка к средним показателям устойчивости лучшей из родительских форм. В эту группу вошли комбинации, полученные от скрещивания образцов с низким и средним уровнем устойчивости клубней к фитофторозу с высокоустойчивыми формами.

Промежуточным наследованием признака ( $h_p$  от  $-0,5$  до  $0,5$ ) характеризовались комбинации 16-12, 50-12 и 145-11.

Отрицательное доминирование признака отмечено в комбинации 190-07, полученной при скрещивании низкоустойчивой формы с гибридом, обладающим относительно высокой устойчивостью к патогену.

Депрессия в наследовании данного признака отмечена у пяти гибридных популяций – 272-12, 37-09, 12-12, 238-11 и 231-11. В этой группе средняя арифметическая устойчивость гибридов к фитофторозу клубней была ниже или на уровне устойчивости худшего из родителей. Популяции 12-12 и 231-11 получены при скрещивании высокоустойчивых родителей. По-видимому, сверхдоминирование в данных комбинациях получить невозможно, потому что родительские формы имеют высокое проявление признака. Остальные популяции в основном получены от скрещивания среднеустойчивых к фитофторозу клубней образцов с формами, обладающими относительно высокой устойчивостью к патогену.

Фенотипическая изменчивость генотипов в отдельной популяции представляет собой результат взаимодействия генотипической изменчивости, обусловленной наследственными различиями, и паратипической, обусловленной влиянием внешних факторов среды [14]. Отношение доли генотипической

Таблица 2 – Типы наследования признака устойчивости клубней к фитофторозу в гибридных популяциях картофеля

Селекционный номер	Происхождение	Среднее арифметическое значение признака у потомства, балл	Устойчивость к фитофторозу клубней, балл		Среднее значение признака обоих родителей, балл	Степень фенотипического доминирования
			материнские формы	отцовские формы		
1 группа (гетерозис $h_p$ от 1 до $\infty$ )						
54-12	266-03-1×032532-7	5,2	4,6	4,5	4,6	6,0
138-12	266-03-1×к15313-4	7,1	4,6	3,3	4	5,2
69-09	80-00-7×106-04-17	8,6	6,9	7,5	7,2	4,7
76-09	311-03-2В×106-04-17	8,1	7,1	7,5	7,3	4,0
4-11	189-04-7×032532-7	5,6	5,0	4,5	4,8	3,4
152-09	189-04-21×191-03-5	7,9	7,6	7,3	7,5	3,0
71-09	189-04-21×106-04-17	7,7	7,6	7,5	7,6	1,5
114-07	308-03-20×5-02-42	7,1	6,8	5,5	6,2	1,5
2 группа (положительное доминирование $h_p$ от 0,5 до 1)						
53-12	310-03-7×032532-7	6,8	7,0	4,5	5,8	0,8
56-09	189-04-7×Лилея	7,6	5,0	8,1	6,6	0,7
3 группа (промежуточное наследование $h_p$ от -0,5 до 0,5)						
16-12	311-03-2В×032532-7	6,2	7,1	4,5	5,8	0,3
50-12	503-55×032532-7	6,9	8,3	4,5	6,4	0,3
145-11	310-03-7×к27147-4	6,4	7,0	5,7	6,4	0,1
4 группа (отрицательное доминирование $h_p$ от -0,5 до -1)						
190-07	311-03-14×8ху02-30	4,8	7,1	4,5	5,8	-0,8
5 группа (депрессия $h_p$ от -1 до $-\infty$ )						
272-12	159-99-2×S.veinei	5,6	5,6	7,7	6,7	-1,1
37-09	308-03-13×106-04-17	5,2	6,4	7,5	7,0	-3,2
12-12	189-04-21×8492-1	6,7	7,6	8,5	8,1	-3,5
238-11	308-03-13×191-03-5	4,2	6,4	7,3	6,9	-5,9
231-11	310-03-7×204.50-8	6,4	7,0	7,2	7,1	-7,0

РАЗДЕЛ 1. СЕЛЕКЦИЯ КАРТОФЕЛЯ

к общей фенотипической изменчивости называется коэффициентом наследуемости в широком смысле ( $H^2$ ), который характеризует проявление определенного признака в потомстве и может изменяться от 0 до 1. Низкие его величины показывают, что удельный вес вариации под влиянием генотипа ниже, чем под влиянием окружающей среды. При высоких значениях удельный вес генетической изменчивости значительно больше, чем изменчивости за счет факторов внешней среды.

Путем сопоставления изменчивости клонов родителей и изменчивости потомства рассчитали данные по коэффициенту наследуемости в широком смысле для каждой изученной комбинации. Результаты вычисления коэффициента наследуемости ( $H^2$ ) представлены в таблице 3.

В результате проведенных исследований выделено 15 гибридных популяций (78,9%), у которых наследуемость признака фитофтороустойчивости клубней характеризовалась в основном высокими и относительно высокими показателями ( $H^2 = 0,7-0,9$ ). В комбинациях 53-12, 76-09, 145-11 и 37-09 отмечены средние показатели коэффициента наследуемости ( $H^2 = 0,6$ ).

Высокое и относительно высокое значение коэффициента наследуемости в широком смысле ( $H^2$ ) показывает, что основная доля фенотипической изменчивости по признаку устойчивости к фитофторозу по клубням в изученных

Таблица 3 – Значение коэффициента наследуемости по признаку фитофтороустойчивости клубней в гибридных популяциях картофеля

Селекционный номер	Происхождение	$\sigma^2P$	$\sigma^2F$	$H^2$
152-09	189-04-21×191-03-5	0,2	1,6	0,9
71-09	189-04-21×106-04-17	0,2	1,4	0,9
56-09	189-04-7×Лилея	0,2	1,3	0,8
114-07	308-03-20×5-02-42	0,3	1,3	0,8
138-12	266-03-1×к15313-4	0,2	1,3	0,8
12-12	189-04-21×8492-1	0,3	1,5	0,8
16-12	311-03-2В×032532-7	0,3	1,6	0,8
4-11	189-04-7×032532-7	0,2	0,9	0,8
272-12	159-99-2× <i>S.vernei</i>	0,3	1,4	0,8
54-12	266-03-1×032532-7	0,2	0,9	0,8
190-07	311-03-14×8ху02-30	0,4	2,5	0,8
69-09	80-00-7×106-04-17	0,2	0,6	0,7
238-11	308-03-13×191-03-5	0,3	0,9	0,7
50-12	503-55×032532-7	0,4	1,3	0,7
231-11	310-03-7×204.50-8	0,5	1,9	0,7
53-12	310-03-7×032532-7	0,5	1,3	0,6
76-09	311-03-2В×106-04-17	0,3	0,7	0,6
145-11	310-03-7×к27147-4	0,5	1,3	0,6
37-09	308-03-13×106-04-17	0,3	0,7	0,6

комбинациях обусловлена генетическими факторами. Поэтому существует большая вероятность по фенотипическому проявлению данного признака выделить формы с устойчивыми генотипами.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании изучения наследования признака фитофтороустойчивости клубней выделены перспективные гибридные комбинации – 69-09, 76-09, 152-09, 71-09, 56-09, 114-07 и 138-12. Данные популяции получены на основе сложных межвидовых гибридов: 80-00-7 (*S. stoloniferum*, *S. polytrichon*, *S. vernei*), 311-03-2В (*S. stoloniferum*, *S. polytrichon*, *S. andigenum*, *S. vernei*, *S. rybinii*), 189-04-21, 189-04-7 (*S. stoloniferum*, *S. polytrichon* и *S. vernei*), 308-03-20 (*S. demissum*, *S. vernei*, *S. andigenum*) и 266-03-1 (*S. demissum*, *S. vernei*, *S. sucrense*).

В результате расчета показателя степени фенотипического доминирования выявлены различные типы наследования признака фитофтороустойчивости клубней в изученных популяциях. Наиболее высокий показатель степени фенотипического доминирования был отмечен в комбинациях, полученных при скрещивании низкоустойчивых форм, а также образцов с относительно высокой устойчивостью.

Две изученные популяции – 53-12 и 56-09 характеризовались положительным доминированием признака фитофтороустойчивости клубней. Комбинации были получены при скрещивания образцов с низким и средним уровнем устойчивости с устойчивыми формами.

Промежуточное наследование признака фитофтороустойчивости клубней наблюдалось в результате скрещивания родительских форм с низкой и средней устойчивостью с устойчивыми родительскими образцами.

Отрицательное доминирование признака отмечено в комбинации 190-07, которая получена при скрещивании низкоустойчивой формы с гибридом, обладающим относительно высокой устойчивостью к патогену.

Депрессия проявилась в основном при скрещивании форм с высокой устойчивостью к фитофторозу, а также среднеустойчивых с высокоустойчивыми образцами.

Коэффициент наследуемости ( $H^2$ ) в пятнадцати изученных популяциях составил 0,7–0,9 и в четырех – 0,6. Таким образом, на признак фитофтороустойчивости клубней в этих комбинациях основное влияние оказывают генетические факторы, доля же паратипической изменчивости составила 10–40 %.

## 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. – 695 с.
2. Дьяков, Ю. Т. Фитофтороз – глобальные и внутрироссийские проблемы / Ю. Т. Дьяков // Природа. – 2002. – № 1. – С. 33–39.

3. Variation in tuber pathogenicity of *Phytophthora infestans* in the Netherlands / W. Flier, U. Turkensteen, A. Mulder // *Potato Res.* – 1998. – Vol. 41. – P. 345–354.
4. Томчук, Н. Г. Перспективные фитофтороустойчивые формы картофеля вида *S. andigenum* и гибриды с их участием / Н. Г. Томчук, А. М. Кремнева // *Картофелеводство: сб. науч. тр. / БелНИИ картофелеводства и плодовоовощеводства.* – Минск, 1982. – Вып. 5. – С. 47–52.
5. Иванюк, В. Г. Современная фитопатологическая ситуация на картофеле и пути ее улучшения / В. Г. Иванюк // *Ахова раслін.* – 2001. – № 1. – С. 11–14.
6. Камераз, А. Я. Генетика устойчивости картофеля к патогенам / А. Я. Камераз, И. М. Яшина, Н. П. Склярова // *Генетика картофеля.* – М.: Наука, 1973. – С. 175–224.
7. Toxopeus, H. J. On the inheritance of tuber resistance of *Solanum tuberosum* to *Phytophthora infestans* in the field / H. J. Toxopeus // *Euphytica.* – 1961. – Vol. 10, № 3. – P. 307.
8. Подгаецкий, А. А. Генетические ресурсы картофеля / А. А. Подгаецкий // *Материалы Международной научной конференции, посвященной 75-летию Института картофелеводства Национальной академии наук Беларуси, Самохваловичи, 7–10 июля 2003 г. / НАН Беларуси, Ин-т картофелеводства НАН Беларуси.* – Минск, 2003. – С. 108 – 190.
9. Киру, С. Д. Генетические ресурсы картофеля ВИР – один из главных источников исходного материала для селекции / С. Д. Киру // *Материалы Международной научной конференции, посвященной 75-летию Института картофелеводства Национальной академии наук Беларуси, Самохваловичи, 7–10 июля 2003 г. / НАН Беларуси, Ин-т картофелеводства НАН Беларуси.* – Минск, 2003. – С. 200–206.
10. Методы оценки картофеля, овощных и плодовых культур на устойчивость к болезням: метод. рекомендации / БелНИИ картофелеводства и плодовоовощеводства; сост. В. Г. Иванюк [и др.]; под ред. Н. А. Дорожкина. – Минск, 1987. – 95 с.
11. Griffing, V. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems / V. Griffing // *Austral. J. Biol. Sci.* – 1956. – Vol. 9, № 14. – P. 463–493.
12. Griffing, V. A. A generalized treatment of the use of dialled crosses in quantitative inheritance / V. A. Griffing // *Heredity.* – 1956. – Vol. 10. – P. 31–50.
13. Рокицкий, П. Ф. Биологическая статистика / П. Ф. Рокицкий, – Минск: Высшая школа, 1973. – 316 с.
14. Литун, П. П. Некоторые вопросы определения коэффициента наследуемости при селекции сельскохозяйственных растений / П. П. Литун // *Селекция и семеноводство: сб. науч. тр. / УкрНИИ растениеводства, селекции и генетики.* – 1969. – Вып. 12. – С. 48–60.

Поступила в редакцию 22.11.2017 г.

A. V. CHASHINSKIY, I. V. LEVANTSEVICH

**STUDY OF BUCK EYE ROT RESISTANCE INHERITANCE  
OF TUBERS IN HYBRID POPULATIONS OF POTATOES  
OBTAINED THROUGH COMPLEX INTERSPECIFIC  
HYBRIDS USAGE**

**SUMMARY**

*The research results of tuber buck eye rot resistance among potatoes hybrids obtained on the basis of different wild species: *S. demissum*, *S. bulbocastanum*, *S. stoloniferum*, *S. verrucosum*, *S. polytrichon*, *S. vernei*, *S. chacoense*, *S. bert-haultii*, *S. sucrense*, *S. phureja*, *S. rybinii* and *S. andigenum* are presented in the article. Populations with high level resistance to late blight of tubers (7.1–8.6 points) have been selected. Different types of trait inheritance were identified on basis of indicator «degree of phenotypic dominance». Estimation of heritability coefficient (in a broad sense) revealed that the tuber late blight resistance is mainly determined by genetic factors ( $H^2 = 0.6–0.9$ ), the share of paratypical variability was 10–40 %.*

*Key words:* potatoes breeding, wild species, interspecific hybrids, resistance, buck eye rot.

УДК 633/635:631.52

**Е. П. Шанина**

ФГБНУ «Уральский научно-исследовательский институт сельского хозяйства», г. Екатеринбург, Россия

E-mail: shanina08@yandex.ru

**ИЗУЧЕНИЕ ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА КАРТОФЕЛЯ  
БЕЛОРУССКОЙ СЕЛЕКЦИИ В УСЛОВИЯХ  
СРЕДНЕГО УРАЛА****РЕЗЮМЕ**

*В статье представлены сравнительные результаты изучения пятнадцати сортообразцов картофеля по признакам урожайности, содержанию крахмала, биохимическим показателям клубней, устойчивости к фитофторозу. Проведен анализ экологической пластичности и стабильности по урожайности и биохимическим показателям клубней картофеля. Выделены генотипы с высокой селекционной ценностью: 200.25-58, 201.260-48, 503-55.*

*Ключевые слова:* картофель, урожайность, содержание крахмала, фитофтороз, пластичность, стабильность.

**ВВЕДЕНИЕ**

Важнейшим звеном в селекционной работе с картофелем является всестороннее изучение исходного материала и выделение для основных направлений селекции лучших генотипов. Задача селекционера – использовать все имеющееся видовое и сортовое разнообразие для гибридизации с целью объединения в будущих сортах высокой урожайности, экологической пластичности и устойчивости к патогенам на основе законов генетики [1]. Главное требование к сортам всех типов – пластичность, то есть способность сорта давать выровненные урожаи в различных почвенно-климатических условиях, сохраняя постоянство основных качественных признаков. Особую ценность для селекции представляют дикие и культурные виды картофеля как носители генов, обеспечивающих иммунитет или различную степень устойчивости ко всем известным патогенам, а также к экстремальным факторам среды [2]. Правильный подбор пар для гибридизации с учетом характера наследования важнейших свойств позволит создавать сорта с уникальным сочетанием генов, формирующих своеобразный набор хозяйственно-биологических показателей и признаков [3].

В коллекционном питомнике ФГБНУ «Уральский научно-исследовательский институт сельского хозяйства» ежегодно изучается более 500 сортообразцов отечественной, зарубежной селекции и местных гибридов по основным хозяйственно полезным признакам. Основным методом создания новых



сортов картофеля является отдаленная гибридизация с использованием в качестве исходного материала лучших сортов мировой коллекции и сложных межвидовых гибридов – доноров тех или иных ценных признаков [4].

Цель данной работы – оценка исходных форм картофеля, предоставленных отделом исходного материала РУП «НПЦ НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству», по продуктивности, содержанию крахмала, биохимическим показателям клубней и устойчивости к фитофторозу в условиях Среднего Урала.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Экспериментальная работа проведена в 2012–2014 гг. в ФГБНУ «Уральский научно-исследовательский институт сельского хозяйства» (г. Екатеринбург). Период вегетации 2012 г. был жарким и засушливым, гидротермический коэффициент (ГТК) составил 1,1, осадков выпало 212 мм. За 10 °С период накопилось 2214 °С положительных температур, что на 365 °С больше нормы. В 2013 г. сумма положительных температур и осадки были близки к норме. Вегетационный период 2014 г. характеризовался в целом избыточным увлажнением (ГТК – 2,1) и не высокими температурами воздуха (1690 °С). Исследования по исходному материалу проведены на дерново-среднеподзолистой почве. Севооборот трехпольный. Предшественник – сидеральный пар. Закладка опытов была проведена во второй декаде мая по Методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур [5] и в соответствии с Методическими указаниями по изучению мировой коллекции картофеля [6]. Площадь питания одного растения составляла 75×30 см. Стандартные сорта: ранний – Барон; среднеранний – Невский. Урожай и его структуру при уборке учитывали взвешиванием, крахмал – по удельному весу. В аналитической лаборатории определяли: содержание азота по Кьельдалю, сахара – эбулиостатически, аскорбиновую кислоту – по Мурри, нитраты – ионометрическим методом. Дисперсионный анализ и расчет коэффициента регрессии и показателя стабильность – по методике, разработанной Л. В. Хотьлевой и А. В. Кильчевским (1989) [7].

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В коллекционном питомнике ежегодно изучаются сорта и гибриды картофеля из 18 стран мира более чем по 30-ти показателям, основные из них – продуктивность, устойчивость к фитофторозу, биохимические показатели клубней. За годы исследования выделяются сорта селекции РУП «НПЦ НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству», средняя продуктивность которых выше (819 г/куст), чем у сортов селекции Нидерландов и Германии, которые на сегодняшний день являются основными игроками на рынке семенного картофеля (табл. 1).

Проведена оценка 15 генотипов картофеля по основным хозяйственно ценным признакам, предоставленных лабораторией исходного материала РУП «НПЦ

РАЗДЕЛ 1. СЕЛЕКЦИЯ КАРТОФЕЛЯ

Таблица 1 – Средняя продуктивность сортов картофеля в коллекционном питомнике, 2012–2014 гг.

Страна	Количество изученных сортов	Средняя продуктивность, г/куст
Беларусь	32	819
Нидерланды	54	780
Германия	59	755
Россия	97	746
Ирландия	18	724
Украина	18	620

НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству» для изучения в условиях Среднего Урала. С высокой продуктивностью (1007 г/куст) выделены номера 200.25-58 и 201.260-48 с урожайностью на уровне 41,1 т/га (табл. 2).

Коэффициент вариабельности (V) высокий – от 15,1 до 54,6 %, что свидетельствует о большом влиянии метеорологических условий на проявление признака продуктивности.

По устойчивости к фитофторозу выделен номер 503-55, полученный от Яковлевой Галины Анатольевны. Данный гибрид создан в лаборатории биотехнологии методом соматической гибридизации на основе дикого вида *S.bulbocastanum*. В экстремально сыром и холодном 2014 г., когда все

Таблица 2 – Продуктивность исходного материала картофеля и устойчивость к фитофторозу в условиях Среднего Урала, 2012–2014 гг.

Сорт, гибрид	Продуктивность, г/куст	Урожайность		Устойчивость к фитофторозу	
		т/га	V, %	балл	V, %
Барон (st.)	823	33,6	28,3	5,7	2,4
Невский (st.)	611	24,9	15,6	5,0	2,0
200.25-58	1007	41,1	26,3	5,8	3,0
201.260-48	1007	41,1	24,8	5,5	9,4
59у01-3	972	39,6	39,8	5,3	3,2
223.03-13	765	31,2	21,9	6,2	10,4
27ху02-1	762	31,1	15,1	6,2	3,3
92ху00-2	733	29,9	54,6	6,7	12,3
31у04-6	732	29,9	35,2	5,7	6,1
201.107-7	630	25,7	36,4	7,5	5,4
1378-4	567	23,1	42,0	6,3	6,4
206.54-7	538	21,9	39,0	6,2	3,3
1374-10	477	19,4	15,4	7,2	2,9
503-55	454	18,5	16,9	9,0	0
1927	399	16,3	45,5	5,5	5,4
206.68-25	310	12,7	43,2	6,0	11,7
47ху98-32	294	12,0	45,2	5,8	3,0

РАЗДЕЛ 1. СЕЛЕКЦИЯ КАРТОФЕЛЯ

сортообразцы коллекционного питомника были поражены фитофторозом, это был единственный номер без признаков поражения данным заболеванием.

Содержание крахмала в клубнях изучаемых генотипов среднее, с высокой степенью проявления признака выделены: 1378-4 (19,9 %) и 1374-10 (18,3 %). По содержанию протеина большинство сортообразцов отличаются высокими значениями: 200.25-58 – 3,50 %; 1378-4 – 3,37; 206.68-25 – 3,31; 206.54-7 – 3,09; 201.260-48 – 3,06 % (табл. 3).

Накопление редуцирующих сахаров в клубнях картофеля – генотипический фактор, но вместе с тем в значительной степени зависит от условий выращивания, коэффициент вариации достигает 39,7 %. Выделены генотипы с низким содержанием сахаров: 200.25-58 (0,26 %), 92ху00-2 (0,26), 59у01-3 (0,28 %). Содержание витамина С в большей степени обусловлено генотипическим проявлением признака. В клубнях сортообразцов 206.54-7 и 206.68-25 с фиолетовой окраской мякоти содержание витамина С в 2,0–2,5 раза выше – 49,8 мг% и 42,2 мг% соответственно. Известно, что биохимический состав клубней картофеля, наряду с высокой генотипической обусловленностью, в значительной степени зависит от условий выращивания. Наиболее экологически устойчивым показателем является содержание в клубнях сухого вещества и сырого протеина.

Проведена оценка изучаемых генотипов по пластичности и стабильности сортов. Выделены сортообразцы интенсивного типа – 92ху00-2, 59у01-3, 201.260-48; с высокой экологической пластичностью по накоплению урожайности – 503-55, 201.260-48, 206.68-25, 1374-10 (табл. 4).

Таблица 3 – Биохимические показатели клубней картофеля, 2012–2014 гг.

Сорт, гибрид	Крахмал		Протеин		Сахара		Витамин С	
	%	V, %	%	V, %	%	V, %	мг%	V, %
Барон (st.)	18,2	9,0	2,80	15,9	0,27	30,1	22,1	13,1
Невский (st.)	12,7	12,2	2,76	15,1	0,32	39,7	23,5	15,6
200.25-58	14,6	16,5	3,50	5,3	0,26	0	16,1	3,7
201.260-48	12,3	11,0	3,06	1,4	0,39	20,5	19,3	15,2
59у01-3	14,6	6,0	3,03	9,3	0,28	10,7	23,1	6,5
223.03-13	16,7	5,4	2,77	15,6	0,39	30,3	22,4	8,0
27ху02-1	16,9	6,3	3,00	10,5	0,65	3,9	23,6	16,3
92ху00-2	16,2	12,3	3,02	4,8	0,26	9,7	21,7	3,3
31у04-6	13,5	1,9	2,78	5,6	0,38	2,6	20,3	0,7
201.107-7	14,7	8,0	2,39	1,4	0,32	7,7	21,8	22,1
1378-4	19,9	10,9	3,37	11,0	0,44	29,2	21,1	19,9
206.54-7	16,1	4,7	3,09	10,0	0,29	3,4	49,8	6,0
1374-10	18,3	9,3	2,25	2,7	0,35	25,7	24,8	2,6
503-55	14,1	13,9	2,75	9,7	0,33	12,8	23,3	15,4
1927	15,5	4,7	2,31	19,0	0,36	11,1	25,5	18,2
206.68-25	14,1	7,8	3,31	1,5	0,39	0	42,2	1,5
47ху98-32	14,5	13,3	2,56	12,1	0,43	10,6	20,0	7,7

РАЗДЕЛ 1. СЕЛЕКЦИЯ КАРТОФЕЛЯ

Таблица 4 – Урожайность и параметры экологической пластичности и стабильности у сортообразцов картофеля, 2012–2014 гг.

Генотип	Урожайность, т/га				Коэффициент регрессии ( $b_i$ )	Показатель стабильности ( $S_{gi}$ )	Общая адаптивная способность, (ОАС)
	2012 г.	2013 г.	2014 г.	средняя			
503-55	19,6	21,7	14,3	18,53	0,13	22,4	-8,36
200.25-58	56,3	32,2	34,7	41,07	1,21	27,2	14,17
201.107-7	36,7	26,5	13,9	25,70	0,95	37,8	-1,19
201.260-48	50,6	26,9	45,7	41,07	1,52	25,8	14,17
206.54-7	33,9	17,7	14,3	21,97	0,49	40,9	-4,93
206.68-25	20,4	18,6	19,0	19,33	-0,10	14,8	-7,56
223.03-13	40,8	27,5	25,3	31,20	0,10	23,7	4,31
31у04-6	43,2	28,7	17,5	29,80	1,27	36,5	2,91
59у01-3	61,2	23,9	33,9	39,67	3,78	40,3	12,77
27ху02-1	37,5	29,2	26,5	31,07	-0,17	17,5	4,17
1927	24,5	17,8	16,5	19,60	-0,24	22,7	-7,29
47ху98-32	19,2	10,6	16,2	15,33	-0,12	29,4	-11,56
1374-10	23,7	17,1	17,5	19,43	-0,25	21,0	-7,46
1378-4	36,7	14,7	17,9	23,10	0,83	43,7	-3,79
92ху00-2	53,0	18,4	18,4	29,93	4,05	55,3	3,04
Барон (st.)	25,7	20,4	30,2	25,43	0,36	19,1	-1,46
Невский (st.)	26,5	27,9	20,4	24,93	0,09	17,1	-1,96
Индексы условий среды	8,96	-4,55	-4,41				

Высокоурожайные образцы 200.25-58 и 201.260-48 (41,07 т/га) показывают постоянно высокую урожайность в различных условиях возделывания с высокими значениями ОАС (14,17), следовательно, они подходят для любых почвенно-климатических зон.

Главная цель возделывания картофеля – это не получение биологической массы вообще, а прежде всего производство продукции с высоким содержанием биологически ценных веществ (крахмала, белка, витаминов). Рассчитаны показатели адаптивной способности, стабильности и селекционной ценности сортообразцов картофеля по биохимическим показателям: содержанию крахмала, протеина, витамина С, сахаров, нитратов. В таблице 5 представлены сортообразцы с высокой селекционной ценностью по данным показателям.

Изучены генотипы по степени фертильности, способности цветения и образования ягод. Вовлечены в гибридизацию и получены ягоды у двух форм: 92ху00-2, 200.25-58, остальные в условиях Среднего Урала показывают слабую фертильность и отсутствие ягодообразования. У особо ценного генотипа 503-55 цветение наблюдалось только в 2014 г. при избытке влаги, но цветение было кратковременным, бутоны опадали.

**РАЗДЕЛ 1. СЕЛЕКЦИЯ КАРТОФЕЛЯ**

Таблица 5 – Показатели адаптивной способности, стабильности и селекционной ценности сортов картофеля по биохимическим показателям, 2012–2014 гг.

Сорт	ОАС	S <sub>gi</sub>	СЦГ
<b>Содержание крахмала</b>			
27ху02-1	1,29	11,1	0,18
1374-10	2,69	12,6	0,26
1378-4	4,36	13,3	0,35
<b>Сырой протеин</b>			
200.25-58	0,51	10,4	2,10
206.68-25	0,23	10,2	1,82
1378-4	0,48	13,9	2,08
<b>Витамин С</b>			
206.54-7	24,48	16,4	1,60
206.68-25	19,81	12,7	0,79
<b>Сахара</b>			
27ху02-1	0,32	9,0	0,01
1378-4	0,11	23,2	0,02
<b>Нитраты</b>			
503-55	141,04	24,1	7,38
31у04-6	187,71	9,6	1,46
92ху00-2	168,71	44,1	28,38

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Установлено, что всестороннее изучение исходного материала дает возможность выделить генотипы картофеля для основных направлений селекции. Рекомендованы сорта картофеля для различных направлений целевого использования: высокая продуктивность – 200.25-58, 201.260-48; устойчивость к фитофторозу – 503-55; высокое содержание крахмала – 1378-4, 1374-10; низкое содержание редуцирующих сахаров – 200.25-58, 92ху00-2; высокое содержание витамина С – 206.54-7 и 206.68-25; способность сортов давать постоянно высокий урожай в различных условиях произрастания, или высокие показатели ОАС характерны для форм 200.25-58, 201.260-48, 59у01-3.

**Список литературы**

1. Яшина, И. М. Создание и генетическая оценка нового исходного материала картофеля и эффективные пути его использования в селекции: автореф. дисс. ... д-ра с.-х. наук: 06.01.05 / И. М. Яшина. – М., 2000. – 68 с.
2. Жученко, А. А. Теория и практика адаптивной интентификации растениеводства / А. А. Жученко // Экономика сельского хозяйства. – 1985. – № 8. – С. 13–24.
3. Андриянов, А. Д. Научное обеспечение интегрированной агротехники раннего картофеля в республике Башкортостан / А. Д. Андриянов, Д. А. Андриянов, В. И. Костин // Научное обеспечение картофелеводства Сибири и Дальнего Востока: состояние, проблемы и перспективные направления. – Кемерово. – 2006. – С. 11–19.

4. Шанина, Е. П. Сортоизучение картофеля в условиях Среднего Урала / Е. П. Шанина // Научное обеспечение национального проекта развития АПК Тюменской области: состояние, перспективы: сб. науч. тр. Междунар. науч.-практ. конф., 26–27 февр. 2009 г. – Тюмень, 2009. – С. 220–227.

5. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. – М., 1975. – 186 с.

6. Методические указания по поддержанию и изучению мировой коллекции картофеля / сост. С. М. Букасов [и др.]. – Л.: ВИР, 1976. – 27 с.

7. Кильчевский, А. В. Генотип и среда в селекции растений / А. В. Кильчевский, Л. В. Хотылева. – Минск: Наука и техника, 1989. – 191 с.

Поступила в редакцию 16.11.2017 г.

E. P. SHANINA

**SOURCE MATERIAL RESEARCH OF POTATOES  
OF BELARUSIAN BREEDING IN THE MIDDLE URALS  
CONDITIONS**

**SUMMARY**

*The results of a comparative research of fifteen accessions of potatoes on the basis of yield, starch content, biochemical indices of tubers resistance to buck eye rot are presented in the article. The analysis of the ecological plasticity and stability of yield and biochemical parameters of potato tubers is made. The genotypes with high breeding value: 200.25-58, 201.260-48, 503-55 are obtained.*

*Key words:* potatoes, yield, starch content, buck eye rot, plasticity, stability.

## РАЗДЕЛ 2

### ГЕНЕТИКА КАРТОФЕЛЯ

УДК 635.21/578.664.1: 527.3: 577.21: 632.91.2

**Е. В. Воронкова<sup>1</sup>, В. И. Лукша<sup>1</sup>, Н. В. Русецкий<sup>2</sup>, О. Н. Гукасян<sup>1</sup>,  
В. М. Жарич<sup>1</sup>, Ю. В. Полюхович<sup>1</sup>, А. П. Ермишин<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>ГНУ «Институт генетики и цитологии Национальной академии наук Беларуси», г. Минск

<sup>2</sup>РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству»,  
аг. Самохваловичи, Минский район  
E-mail: E.Voronkova@igc.by

#### **МАРКЕР-ОПОСРЕДОВАННЫЙ ОТБОР НА НАЛИЧИЕ ГЕНА $Ry_{chc}$ ЭКСТРЕМАЛЬНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ К PVY В КОЛЛЕКЦИИ ГЕНОТИПОВ, ИМЕЮЩИХ В РОДОСЛОВНОЙ ГЕНЕТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ *SOLANUM CHACOENSE***

#### **РЕЗЮМЕ**

*Определена эффективность трех ДНК ПЦР-маркеров для идентификации гена экстремальной устойчивости (ER) к Y-вирусу картофеля, происходящего от диплоидного вида картофеля *Solanum chacoense*. Показана достаточно высокая эффективность RAPD-маркера 38-530 и SCAR-маркера  $Ry364_{370}$  для идентификации гена  $Ry_{chc}$  в селекционном материале картофеля. Установлено наличие одного из двух или обоих маркеров во многих генотипах дикого вида и межвидовых гибридах, полученных с его участием, что говорит о перспективности таких генотипов для селекции на экстремальную устойчивость к PVY.*

*Ключевые слова:* картофель, межвидовые гибриды, *Solanum chacoense* Bitter., устойчивость к Y-вирусу, ген экстремальной устойчивости (ER)  $Ry_{chc}$ , маркер-опосредованный отбор.

#### **ВВЕДЕНИЕ**

Снижение урожайности картофеля и его качества в значительной мере происходит из-за ряда болезней и вредителей, свойственных этой сельскохозяйственной культуре. Среди болезней картофеля особое место занимает Y-вирус (PVY). По данным различных источников, поражение Y-вирусом может приводить к потере от 10 до 80 % урожая, а при синергическом взаимодействии с другими вирусами, такими как вирусы группы *potyvirus*, X-вирус картофеля (PVX) и вирус скручивания листьев (PLRV), – практически к полной его утрате [1]. При этом снижается как урожайность, так и качество

клубней, включая содержание крахмала [1]. Кроме высокой патогенности, для этого вируса характерна практически повсеместная распространенность в мире и высокое генетическое разнообразие выделенных изолятов [2, 3]. Это дало основание отнести Y-вирус к группе наиболее опасных вирусных инфекций картофеля, наряду с PLRV и PVA, и вывести его на первую позицию по уровню опасности для картофелеводства во всем мире [4].

Проблему ухудшает наличие нескольких векторов переноса инфекции, что осложняет контроль над ее распространением путем использования комплекса агротехнических мероприятий, требующих огромных финансовых затрат на получение чистой от вируса семенной продукции и контроля насекомых-вредителей. Наличие нескольких векторов распространения болезни (контактно-механически, насекомыми и клубнями) приводит к достаточно быстрой реинфекции Y-вирусом оздоровленного семенного материала. Кроме того, химический контроль распространения насекомых определяет высокую нагрузку на состояние окружающей среды. В связи с этим наиболее перспективным методом защиты от PVY и других вирусов является создание сортов картофеля с генетически детерминированной устойчивостью к заболеванию.

Новые сорта картофеля получают путем гибридизации тетраплоидных гетерозигот. Поэтому для гибридных популяций характерна широкая вариация и сложный характер расщепления по оцениваемым признакам, что существенно затрудняет отбор генотипов с желаемой комбинацией генов, предопределяет необходимость испытания больших объемов гибридных семян [5]. При этом большинство применяемых в селекции картофеля методов испытания и отбора гибридов далеки от совершенства, так как они основаны на фенотипической оценке генотипов. В особенности это относится к методам оценки признаков устойчивости к болезням и вредителям. Многие из них трудоемки и продолжительны по времени реализации, недостаточно точны.

Новые возможности для решения проблемы повышения эффективности селекции картофеля открывает использование методов молекулярного маркирования селекционно ценных генов и использование маркер-опосредованного отбора, в частности, применение ДНК-маркеров доминантных генов устойчивости к болезням и вредителям (генов устойчивости, R-генов). С их помощью можно точно определить, какие конкретно R-гены имеются у изучаемых генотипов, что облегчает процесс так называемого «пирамидирования» генов, контролирующих различные признаки или один и тот же признак. Пирамидирование генов, со своей стороны, способствует повышению устойчивости генотипов, так как расширяет сферу действия устойчивости против разнообразных по генетическому составу популяций патогена и позволяет пролонгировать устойчивость сортов в их противостоянии воздействию новых генетических вариантов инфектора [6–8]. Как правило, выявление у отбираемых генотипов наличия ДНК-маркеров генов устойчивости менее трудоемко и дорого, чем фенотипическая оценка соответствующих признаков, его можно применять в любое время года [6–8].



В настоящее время известно более 10 генов устойчивости к PVY, некоторые из них клонированы и/или картированы [9–12]. Часть из них являются генами гиперчувствительности (HS – hyper sensitivity). Они наиболее часто представлены в сортах картофеля, так как большинство из этих генов характерны для культурного картофеля *S. tuberosum* sbsp *tuberosum* и полукультурных или диких видов картофеля, давно используемых в селекции, например гены гиперчувствительности от *S. phureja* и *S. demissum* [13]. Повысить устойчивость картофеля к PVY, обеспечить долговременную устойчивость к широкому спектру штаммов, по мнению ряда авторов, возможно при использовании в селекции генов так называемой экстремальной (крайней) устойчивости (ER – extra resistance) и их сочетанию в одном генотипе [8, 11, 13, 14]. Гены экстремальной устойчивости выявлены у нескольких диких видов и уже давно и успешно используются в селекции на устойчивость картофеля к Y-вирусу [6–14]. К некоторым из них подобраны ДНК-маркеры, позволяющие с достаточно высокой точностью идентифицировать доминантные аллели этих генов в больших коллекциях исходного материала при помощи достаточно простых и доступных методов, основанных на использовании полимеразной цепной реакции (ПЦР) [6–8, 11–13]. В частности, в мировой практике хорошо зарекомендовали себя и активно используются для идентификации источников устойчивости такие ПЦР-маркеры, как RYSC3 к гену  $Ry_{adg}$  от *Solanum tuberosum* sbsp. *andigenum* [15], GP122/*EcoRV*<sub>780</sub> к гену  $Ry_{f-sto}$  [16] и Yes3-3A и Yes3-3B к гену  $Ry_{sto}$  [17] от *S. stoloniferum*.

Одним из наиболее перспективных источников устойчивости к PVY считают южноамериканский вид *S. chacoense*, достаточно легко скрещивающийся с дигиплоидами *S. tuberosum*, что позволяет относительно легко интрогрессировать селекционно ценные гены данного вида культурному картофелю [18]. У этого вида присутствует устойчивость двух типов: первоначально была идентифицирована устойчивость гиперчувствительного типа с предполагаемой регуляцией геном  $Ny_{chc}$ , сочетавшая устойчивость к PVY с устойчивостью к PVA [9, 19]; позднее были выделены образцы с ER-типом устойчивости к PVY в сочетании с гиперчувствительной реакцией на заражение PVA [20]. Ген, ассоциированный с этой устойчивостью, был картирован на дистальном конце короткого плеча хромосомы IX и назван  $Ry_{chc}$  [20, 21]. Ген  $Ry_{chc}$  интрогрессирован в некоторые из сортов японской селекции [21, 22] и, судя по результатам исследований В. А. Бирюковой с соавторами (2015), присутствует также в некоторых сортах европейской и Российской селекции [23]. Вполне вероятно, что ранее идентифицированный как самостоятельный HR-ген,  $Ny_{chc}$  является аллельной формой картированного  $Ry_{chc}$ , так как для них обоих характерно наличие параллельной HR устойчивости к PVA. Но возможно также, что *S. chacoense*, как и *S. stoloniferum*, может быть источником одновременно нескольких различных генов устойчивости к PVY.

В настоящее время разработаны и используются три ПЦР-маркера к этому гену. Это RAPD-маркер 38-530 [22], разработанный на его основе для

использования в ПЦР-мультиплексе на комплекс генов устойчивости, маркер *Ry186* [21] и SCAR-маркер *Ry364*, разработанный К. Могі и др. и успешно использованный ими для идентификации интрогрессированного гена *Ry<sub>chc</sub>* в сорте Sakai 35 и ряде других японских сортов [24]. Два из этих маркеров (38-530 и *Ry186*) также были использованы для скрининга селекционного материала, созданного российскими селекционерами [23].

Целью работы была апробация для использования в маркер-опосредованном отборе при селекции на устойчивость картофеля к PVY трех известных ПЦР-маркеров гена экстремальной устойчивости от *S. chacoense*. Данная статья также представляет результаты скрининга селекционного материала картофеля (образцы дикого вида и межвидовые гибриды с участием *S. chacoense*) с наиболее перспективными, с нашей точки зрения, для этой цели ПЦР-маркерами на наличие гена *Ry<sub>chc</sub>*.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Для апробации ПЦР-маркеров к гену *Ry<sub>chc</sub>* экстремальной устойчивости к PVY использовали сорта картофеля Башкирский, Белоснежка, Луга, Раја, Ароза, Meteor, в которых по данным [23], были выявлены маркеры 38-530 и/или *Ry186*; девять межвидовых гибридов, имеющих в родословной *S. chacoense* и 32 генотипа разного происхождения, принадлежащих к самому дикому виду, из коллекции РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству».

Выделение и очистку нативной ДНК осуществляли из световых клубневых проростков с помощью наборов реагентов «Genomic DNA Purification Kit» производства фирмы «Thermo Scientific», ЕС по стандартной методике с внесенными нами специально для картофеля модификациями [25].

Для приготовления реакционной смеси для ПЦР использовали *Taq*-ДНК-полимеразу и сопутствующие реактивы производства «Диалат» (Москва, Россия). Праймеры синтезированы в ОДО «Праймтех» (Минск, Беларусь). Применяли следующие составы реакционной смеси. Для RAPD 38-530 – концентрации реагентов составили: препарат ДНК в конечном объеме 20-30 нг;  $MgCl_2$  – 4 мМ; dNTP – 0,25 мМ; праймер – 0,4 мкМ (400 нМ); *Taq*-ДНК-полимераза – 1,0–1,2 ед; буфер 10× для ПЦР без  $MgCl_2$  (650 мМ Трис-НСl, 166 мМ  $(NH_4)_2SO_4$ , 0,2 % Твин 20, рН 8,8) – 0,1мкл/1мкл ПЦР-смеси (10 % от объема смеси); объем реакционной смеси до конечного (20 мкл) доводили деионизированной водой. Для ПЦР-маркеров *Ry186* и *Ry364* использовали одинаковый состав реакционной смеси, включавший препарат ДНК в конечном объеме 50–10 нг;  $MgCl_2$  – 2 мМ; dNTP – 0,1 мМ; праймера (прямого и обратного) – по 0,4 мкМ (400 нМ); *Taq*-ДНК-полимеразы – 1 ед.; буфер 10× для ПЦР тот же и в том же количестве, что и для 38-530; объем реакционной смеси до конечного (20 мкл) доводили деионизированной водой. Последовательности праймеров и размеры маркерных фрагментов приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристика ПЦР-маркеров, использованных для идентификации гена  $Ry_{chc}$

Название ПЦР-маркера	Олигонуклеотидная последовательность прямого (F) и обратного (R) праймеров, 5' – 3'	Размер амплифицируемого фрагмента, п. н.	Литературный источник
38-530	TTCGAGCCAG	530	22, 23
Ry186	F – TGGTAGGGATATTTTCCTTAGA R – GCAAATCCTAGGTTATCAACTCA	587	21, 23, 26
Ry364	F – СТАТТАТАААГТСТГГТАСТАГГАСГФ R – GGCTATATGTTCAATGAATTCATGCTA	370	24

Реакцию осуществляли в программируемом термоциклере фирмы «PE Applied Biosystems» (США) (GenAmp System 2700) при следующих режимах амплификации. Для RAPD 38-530 – условия, рекомендуемые для праймеров серий Operon Technologies: денатурация – 5 мин при 94 °С; далее 35 циклов по 30 сек при 94 °С, 30 сек при 36 °С и 1 мин при 72 °С; финальная элонгация – в течение 7 мин при температуре 72 °С. Для праймеров к Ry186 и Ry364 использовали сходный режим амплификации, включавший денатурацию в течение 10 мин при 95 °С; далее 35 циклов по 30 сек при 94 °С, 30 сек при 55 °С и 90 сек при 72 °С; финальная элонгация – в течение 5 мин при температуре 72 °С.

Разделение продуктов амплификации проводили в 1,5 % агарозном геле в трис-ацетатном буфере (ТАЕ) в течение 2,5–3,0 часов при напряжении 50–60 V и силе тока 6 мА для выявления RAPD-маркера 38-530 и 1,0–1,5 часа при напряжении 80 V и силе тока 6 мА для SCAR-маркеров. В качестве отрицательных контролей для идентификации маркеров генов устойчивости использованы сорта картофеля с низкой устойчивостью к PVY (Лилея, Adora, Лазурит, Нептун, Универсал).

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Использованные нами условия амплификации с праймерами к специфическим маркерам гена  $Ry_{chc}$  оказались весьма удачными. Во всех случаях получены четкие фрагменты с достаточно высокой специфичностью (рис. 1 и 2). При этом при использованных нами условиях амплификации с парой праймеров к маркеру R-186<sub>587</sub> (рис. 1А) показано наличие специфического фрагмента 578 п. н. (двойная полоса) у сортов Башкирский и Белоснежка и его отсутствие у других сортов экспериментальной коллекции, что соответствует данным, полученным [53]. Маркер Ry364 оказался более полиморфным: он был шире представлен у сортов, устойчивых к PVY и предположительно несущих генетический материал *S. chacoense*. При этом информативным оказался фрагмент размером 364–370 п. н. Второй фрагмент размером 289 п. н. был выявлен и у сортов с низкой устойчивостью к PVY, выбранных нами в качестве отрицательных контролей (рис. 1 Б). Таким образом, при оценке коллекций на наличие маркера Ry364 к гену  $Ry_{chc}$  целесообразно ориентироваться на

присутствие фрагмента 364–370 п. н., который обнаружен исключительно у устойчивых к вирусу сортов картофеля и, очевидно, является специфическим.

Результаты амплификации на наличие RAPD-маркера 38-530 представлены на рисунке 2. Видно, что при визуализации продуктов ПЦР специфический фрагмент 530 п. н. четко отличим, специфичен и довольно полиморфен. Это, несмотря на определенное предубеждение, существующее в отношении воспроизводимости результатов ПЦР с RAPD-праймерами, говорит о том, что ПЦР-маркер 38-530 вполне возможно и целесообразно использовать для идентификации носителей гена *Ry<sub>chc</sub>* при оптимизированных и унифицированных условиях проведения реакции амплификации. Однако, учитывая

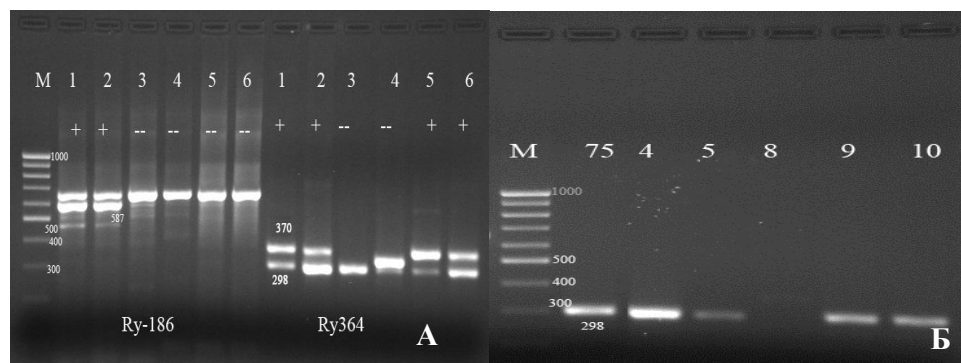


Рисунок 1 – Примеры использования SCAR ПЦР-маркеров Ry-186 и Ry-364 для идентификации гена *Ry<sub>chc</sub>* в сортах картофеля: М – маркер молекулярного веса 100-1000 п. н.; 1–6, 4, 5, 8, 9, 10 и 75 – экспериментальные образцы картофеля (1 – Башкирский; 2 – Белоснежка; 3 – Ресурс; 4 – Луга; 5 – Раја; 6 – Arosa); на рисунке 1 Б представлены сорта, взятые в качестве отрицательных контролей: 75 – Универсал; 4 – Нептун; 5 – Криница; 8 – Лазурит; 9 – Adora, 10 – Лилея

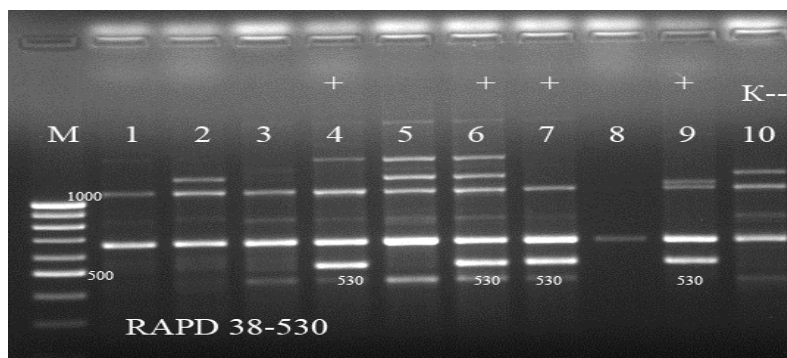


Рисунок 2 – Результаты амплификации коллекции генотипов картофеля с RAPD-праймером 38-530.

Примечание. Показано наличие легко различимого специфического фрагмента размером 530 п. н. у генотипов 4, 6, 7 и 9 (соответственно сорта Луга, Arosa и гибриды 59Y01-26 и 59Y01-54). Маркер отсутствует у отрицательного контроля (10) сорта Лилея

определенную «капризность» такого рода ПЦР, все же желательно использовать RAPD-праймер в сочетании с другими более специфическими типами праймеров.

Оценка коллекции образцов *S. chacoense* и гибридов, полученных на основе этого вида, показала, что наиболее редким является маркер R186 (табл. 2). Он выявлен только у двух образцов – сортов Белоснежка и Башкирский. В них же присутствовали оба фрагмента, характерные для маркера R364, но отсутствовал RAPD-маркер 38-530.

Таблица 2 – Результаты скрининга коллекции образцов *S. chacoense*, гибридов и сортов, созданных с участием этого вида на наличие (1) или отсутствие (0) ПЦР-маркеров, рекомендуемых для идентификации гена экстремальной устойчивости  $R_{y_{chc}}$

Название образца	Анализируемые ПЦР-маркеры			Количество выявленных маркеров
	R-186	R- 364	38-530	
Башкирский (сорт)	1	1	0	2
Белоснежка (сорт)	1	1	0	2
Ресурс (сорт)	0	0	0	0
Луга (сорт)	0	0	1	1
Raja (сорт)	0	1	0	1
Arosa (сорт)	0	0	1	1
59Y01-26	0	1	1	2
59Y01-53	0	1	0	1
59Y01-54	0	1	1	2
11Y16-2	0	1	1	2
Meteor (сорт)	0	1	0	1
128-6	0	1	0	1
88,16-20	0	1	1	2
59Y01-3	0	0	1	1
88.34/14	0	1	1	2
93,20-81	0	1	1	2
chc×962578-2	0	0	0	0
chc 18516-5	0	1	1	2
chc-18	0	0	1	1
chc-1	0	1	1	2
chc 1-9	0	0	1	1
chc 1-6	0	0	1	1
chc 1-29	0	0	1	1
chc 1-17	0	0	1	1
chc 1-15	0	0	0	0
chc 962578-3	0	0	1	1
chc K22633-3	0	1	0	1
chc 1-3	0	1	0	1
chc 1-14	0	0	0	0
chc 1-5	0	1	1	2

Название образца	Анализируемые ПЦР-маркеры			Количество выявленных маркеров
	R-186	R-364	38-530	
chc 96237-9-3	0	1	1	2
chc 10	0	0	0	0
chc 762578-7	0	1	1	2
chc 1-8	0	1	0	0
chc 1-25	0	1	1	2
chc без номера	0	0	0	0
chc 1-10	0	0	1	1
chc 1-26	0	0	1	1
chc 20	0	0	1	1
chc 1-21	0	0	0	0
chc 1-4	0	0	1	1
chc 1-23	0	0	0	0
chc 22	0	0	0	0
chc 1-16	0	1	1	2
chc 13	0	0	0	0
chc 1-2	0	0	1	1
chc105054-10 7D1	0	0	0	0
pin×chc	0	0	0	0

Примечание. chc – *S. chacoense*; pin – *S. pinnatisectum*.

Все известные маркеры к гену  $Ry_{chc}$  представляют собой последовательности ДНК, косегрегантные к этому гену, но не являются частью самого гена. Поэтому, несмотря на достаточно низкую вероятность рекомбинации между наличием этих маркеров и признаком устойчивости [24], все же она возможна. Для маркера R186 и, очевидно, для маркера 38-500, на основе которого он был создан [21], была показана рекомбинация с признаком устойчивости у гибридов соответственно около 20 [26] и 16 % [22]. По-видимому, этим объясняется отсутствие маркера 38-530 у сортов Белоснежка и Башкирский. С другой стороны, наличие маркера R186 у сортов картофеля может быть связано не только с присутствием гена  $Ry_{chc}$ , но и наличием гена устойчивости гиперчувствительного типа *Ny-Smira*, идентифицированного у сорта *Sarpo Mira* [21, 26]. Этим может объясняться его отсутствие у всех исследованных нами образцов *S. chacoense* и наличие у некоторых из сортов *S. tuberosum*. Даже присутствие маркера R186 у высокоустойчивых к Y-вирусу сортов, имеющих в родословной *S. chacoense* (как у сорта Белоснежка [23]), не исключает возможности его идентификации в связи с присутствием у них гена устойчивости гиперчувствительного типа от *S. tuberosum*. Данный ген может взаимодействовать при формировании признака устойчивости к вирусу с R-генами, происходящими от других видов картофеля. Высокая вероятность наличия гена  $Ry_{chc}$  у сортов Белоснежка и Башкирский, а также сортов *Raja* и *Метеор* и ряда гибридов подтверждается присутствием у них маркера R-364<sub>370</sub>.

У некоторых из образцов оцененной нами коллекции присутствует лишь один из маркеров гена  $Ry_{chc}$ , либо  $Ry364_{370}$ , либо  $RAPD\ 38_{530}$ . Примером может служить сорт Raja (см. табл. 2, рис. 1А и 2, образец № 5). Отсутствие одного из маркеров может быть объяснено наличием рекомбинации между ними, которая, по нашим данным, может быть достаточно велика ( $rf = 0,594$ , или 59,4 %). Она существенно превышает уровень рекомбинации между наличием у экспериментальных образцов этих маркеров и экстремальной устойчивости к вирусу. Согласно данным [24], для  $Ry364$  рекомбинация с признаком составила всего 0,085 %. А по данным [22], рекомбинация между наличием маркера  $RAPD\ 38_{530}$  и признаком в использованной ими картирующей популяции составила не более 16,3 %. Высокий уровень рекомбинации между маркерами в нашем эксперименте позволяет предположить, что оба маркера, являясь фланкирующими по отношению к гену, расположены по разные стороны от него. Из такого предположения следует, что наличие у образца одновременно маркеров  $Ry364_{370}$  и  $RAPD38_{530}$  должно высоко достоверно указывать на наличие у генотипа фрагмента ДНК, содержащего ген  $Ry_{chc}$ .

Не у всех образцов коллекции *S. chacoense* присутствовали оба или хотя бы один из ПЦР-маркеров гена  $Ry_{chc}$ . Все исследованные образцы являлись устойчивыми к вирусу на основании данных фенотипических исследований. Отсутствие маркеров не может объясняться чисто техническими причинами – активность ДНК всех образцов коллекции прошла предварительную оценку в реакции амплификации на наличие маркера  $BSH2$  конститутивного гена *bsh* гидроксилазы бетакаротина [27]. Кроме того, у некоторых образцов при амплификации с парой праймеров к маркеру  $Ry364$  было отмечено наличие фрагмента 297 п. н., подтверждающего успешное протекание реакции, и, при этом, отсутствие информативного фрагмента 370 п. н. (например, у сорта Ресурс, гибрида между *S. pinnatisectum* и *S. chacoense*, образцов *S. chacoense*  $Ry_{chc}\ 36$ , *chc\ 1-21* и *chc105054-10\ 7D1*). Очевидно, что во всех этих случаях отсутствие маркеров связано с наличием гена  $Ry_{chc}$  в гомозиготном рецессивном состоянии. По-видимому, устойчивость к PVY у *S. chacoense* может определяться разными генетическими факторами. В частности, при исследовании коллекции диких видов, включавшей десять генотипов разного происхождения *S. chacoense*, проведенном N. Zoteeva и др. [28], был выделен лишь один клон с устойчивостью к трем различным штаммам вируса, что может говорить о наличии у него гена экстремальной устойчивости. В это же время два клона обладали устойчивостью лишь к двум штаммам (PVY<sup>NWI</sup> и PVY<sup>O</sup>). При этом у всех оцененных генотипов наблюдали наличие гиперчувствительной реакции на заражение вирусом. Таким образом, устойчивость у *S. chacoense* может определяться и генами гиперчувствительного типа, возможно родственными *Ny-Smira*.

Наличие в популяциях дикого вида рецессивных гомозигот по гену  $Ry_{chc}$  говорит о том, что этот ген у образцов *S. chacoense*, обладающих высокой нештаммспецифической устойчивостью и имеющих различное происхождение,

может присутствовать в гетерозиготном состоянии. Поэтому для более эффективного использования данного вида в интрогрессивной селекции на экстремальную устойчивость к PVY желательным предварительное исследование генотипов не только на наличие маркеров гена  $Ry_{chc}$ , но и аллельного состояния, в котором этот ген в образцах представлен.

Учитывая, что у сортов Белоснежка и Башкирский присутствие маркера  $Ry186$  может быть связано как с наличием гена  $Ry_{chc}$ , так и гена гиперчувствительности от *S. tuberosum*, наиболее перспективными в изученной коллекции образцов *S. chacoense* и генотипов, имеющих в родословной генетический материал этого вида, в качестве источников гена  $Ry_{chc}$  следует считать генотипы, у которых одновременно выявлены оба маркера  $Ry364_{370}$  и  $RAPD38_{530}$  (см. табл. 2). Это гибриды 59Y01-26, 59Y01-54, 11Y16-2, 88,16-20, 88.34/14, 93,20-81 и образцы *S. chacoense* 18516-5, 1, 1-5, 96237-9-3, 762578-7, 1-25 и 1-16.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, оценка эффективности использования трех известных ПЦР-маркеров для идентификации гена  $Ry_{chc}$  экстремальной устойчивости к Y-вирусу картофеля, присутствующего в образцах дикого вида *S. chacoense* и интродуцированного в некоторые сорта и гибриды картофеля, позволила выделить как наиболее подходящие для целей маркер-опосредованной селекции SCAR-маркер  $Ry364_{370}$  и RAPD-маркер 38-530. Предполагая, что эти косегрегантные маркеры расположены на хромосоме по разные стороны от целевого гена, наибольшую вероятность идентификации высокоустойчивых источников гена  $Ry_{chc}$  мы связываем с наличием у экспериментальных образцов одновременно двух этих ПЦР-маркеров. В оцененной нами коллекции такими оказались 6 межвидовых гибридов (59Y01-26, 59Y01-54, 11Y16-2, 88, 16-20, 88.34/14, 93,20-81) и семь из тридцати одного образцов *S. chacoense* (18516-5, 1, 1-5, 96237-9-3, 762578-7, 1-25 и 1-16).

### 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. Whole gene characterization of Potato virus Y isolates collection in the western USA and their comparison to isolates from Europe and Canada / J. H. Lorenzen [et al.] // Arch. Virol. – 2006. – Vol. 151. – P. 1055–1074.
3. Ohshima, K. Studies on the molecular evolution of potyvirus / K. Ohshima // J. Ge. Plant. Pathol. – 2013. – Vol. 79. – P. 448 – 452.
4. Top 10 plant viruses in molecular plant pathology / K. G. Scholthof [et al.] // Molecular Plant Path. – 2011. – Vol. 12, № 9. – P. 938–954.
5. Ермишин, А. П. Картофель / А. П. Ермишин, Е. В. Воронкова, В. А. Козлов // Генетические основы селекции растений: Частная генетика растений /



под ред. А. В. Кильчевского, Л. В. Хотылевой. – Минск: Беларус. навука, 2010. – Т. 2. – С. 156–234.

6. Marker-Assisted Selection for PVY resistance in tetraploid potato / M. I. Vales [et al.] // Proc. IS on Molecular Markers in Horticulture. – Acta Hort. – 2010. – Vol. 859. – P. 409–416.

7. Ortega, F. Application of molecular marker-assisted selection (MAS) for disease resistance in practical potato breeding programme / F. Ortega, C. Lopez-Vizcon // Potato research. – 2012. – Vol. 55. – P. 1–13.

8. Sources and Effectiveness of Potato PVY Resistance in IHAR's Breeding Research / E. Zimnoch-Guzowska [et al.] // Am. J. Potato Res. – 2013. – Vol. 90. – P. 21–27.

9. Cockerham, G. Genetical studies on resistance to potato Viruses X and Y / G. Cockerham // Heredity. – 1970. – Vol. 25, № 3. – P. 309–348.

10. Solomon-Blackburn, R. M. A review of host major-gene resistance to potato viruses X, Y, A and V in potato: genes, genetics and mapped location / R. M. Solomon-Blackburn, H. Barker // Heredity. – 2001. – Vol. 86. – P. 8–16.

11. Гавриленко, Т. А. Создание устойчивых к вирусам растений картофеля на основе традиционных подходов и методов биотехнологии / Т. А. Гавриленко, Е. В. Рогозина, О. Ю. Антонова // Идентифицированный генофонд растений и селекция / под. ред. Б. В. Ригина. – СПб: ВИР, 2005. – С. 644–662.

12. Tiwari, J. K. Marker-assisted selection for virus resistance in potato: options and challenges / J. K. Tiwari, J. Gopal, B. P. Singh // Potato J. – 2012. – Vol. 39, № 2. – P. 101–117.

13. Barker, H. Resistance to Viruses in Potato / H. Barker, M. Finlay, B. Dale // Natural Resistance Mechanisms of Plants to Viruses. Ch. B1 / G. Loebenstein and J. P. Carr (eds.). – Springer: Netherlands, 2006. – P. 341–366.

14. 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.

15. Kasai, K. Development of SCAR markers to the PVY resistance gene *Ryadg* based on a common feature of plant disease resistance genes / K. Kasai [et al.] // Genome. – 2000. – Vol. 43. – P. 1–8.

16. *Ryfsto* gene from *Solanum stoloniferum* for extreme resistant to Potato virus Y maps to potato chromosome XII and is diagnosed by PCR marker GP122718 in PVY resistant potato cultivars / B. Flis [et al.] // Molecular Breeding. – 2005. – Vol. 15. – P. 95–101.

17. Song, Ye-Su. Development of STS markers for selection of extreme resistance (*Rysto*) to PVY and maternal pedigree analysis of extremely resistant cultivars / Ye-Su Song, A. Schwarzfischer // Am. J. Pot. Res. – 2008. – Vol. 85. – P. 159–170.

18. Cai, X. K. A test of taxonomic and biogeographic predictivity: Resistance to Potato virus Y in wild relatives of the cultivated potato / X. K. Cai, D. M. Spooner, S. H. Jansky // Phytopathology. – 2011. – Vol. 101. – P. 1074–1080.

19. Valkonen, J. P. T. Novel resistances to four potyviruses in tuber bearing potato species, and temperature-sensitive expression of hypersensitive resistance

- to potato virus Y. / J. P. T. Valkonen // *Ann. Appl. Biol.* – 1997. – Vol. 130. – P. 91–104.
20. Potato virus Y resistance gene, *Ryhc*, mapped to the distal end of potato chromosome 9 / M. Sato [et al.] // *Euphytica*. – 2006. – Vol. 149. – P. 367–372.
21. Development of a multiplex PCR method for simultaneous detection of diagnostic DNA markers of five disease and pest resistance genes in potato / K. Mori [et al.] // *Euphytica*. – 2011. – Vol. 180. – P. 347–355.
22. Detection of simplex RAPD marker linked to resistance to potato virus Y in tetraploid potato / K. Hosaka [et al.] // *Am. J. Pot. Res.* – 2001. – Vol. 78. – P. 191–196.
23. Поиск источников устойчивости к патогенам среди образцов селекционно-генетических коллекций ВНИИКХ с использованием молекулярных маркеров / В. А. Бирюкова [и др.] // *Защита картофеля*. – 2015. – № 1. – С. 3–7.
24. Germplasm release: Saikai 35, a male and female fertile breeding line carrying *Solanum Phureja*-derived cytoplasm and potato cyst nematode resistance (*H1*) and potato virus Y resistance (*Ryhc*) genes / K. Mori [et al.] // *Am. J. Pot Res.* – 2012. – Vol. 89. – P. 63–72. DOI 10.1007/s12230-011-9221-4.
25. Оценка исходного материала картофеля для селекции на устойчивость к болезням и вредителям с помощью специфических ПЦР-маркеров: методические рекомендации / А. П. Ермишин [и др.], под ред. А. П. Ермишина. – Минск: Право и экономика, 2010. – 60 с.
26. Hypersensitive response to Potato virus Y in potato cultivar Sarpo Mira is conferred by the *Ny-Smira* gene located on the long arm of chromosome IX / I. Tomczynska [et al.] // *Mol. Breeding*. – 2014. – Vol. 34. – P. 471–480.
27. Segregation of total carotenoid in high level potato germplasm and its relationship to beta-carotene hydroxylase polymorphism / C. R. Brown [et al.] // *Am. J. Potato Res.* – 2006. – Vol. 83. – P. 365–372.
28. Resistance to pathogens of the potato accessions from the collection of N. I. Vavilov Institute of Plant Industry (VIR) / N. Zoteyeva [et al.] // *Am. J. Pot Res.* – 2012. – Vol. 89. – P. 277–293. DOI 10.1007/s12230-012-9252-5.

Поступила в редакцию 10.11.2017 г.

E. V. VORONKOVA, V. I. LUKSHA, N. V. RUSSETSKIY, O. N. GUKASYAN,  
V. M. ZHARICH, YU. V. POLYUHOVICH, A. P. ERMISHIN

**MARKER ASSISTED SELECTION OF GENOTYPES WITH  $Ry_{chc}$  GENE OF EXTREME RESISTANCE TO PVY IN GENOTYPES COLLECTION WITH *SOLANUM CHACOENSE* GERMPLASM IN THEIR PEDIGREE**

**SUMMARY**

*The efficiency of three different PCR-markers of extremely resistance (ER) to PVY from diploid potatoes species *Solanum chacoense* has been determined. It was identified high efficiency RAPD-marker 38-530 and SCAR marker  $Ry_{364}_{370}$  for  $Ry_{chc}$  gene identification in potatoes breeding material. It was*

*shown one of two, or even both markers in many wild species genotypes and in interspecific hybrids which have *S. chacoense* germplasm in their pedigree. That testifies the perspective of such genotypes for potatoes breeding with the aim of extremely resistance to PVY.*

*Key words:* potatoes, interspecific hybrids, *Solanum chacoense* Bitter., PVY resistance, extreme resistance gene (ER) Ry<sub>chc</sub>, marker assisted selection.

УДК 577.21; 581.1.03; 581.143:577.175.1.05

**И. А. Дремук, Т. А. Гапеева, Т. Г. Третьякова, С. М. Савина,  
Н. Г. Аверина, И. Д. Вологовский**

ГНУ «Институт биофизики и клеточной инженерии Национальной академии наук Беларуси», г. Минск

E-mail: gapreeva@ibp.org.by

## **ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ ГЕНЕТИЧЕСКОЙ КОНСТРУКЦИИ ДЛЯ СИНТЕЗА 5-АМИНОЛЕВУЛИНОВОЙ КИСЛОТЫ В КЛЕТКАХ ТРАНСГЕННЫХ РАСТЕНИЙ КАРТОФЕЛЯ**

### **РЕЗЮМЕ**

*Показано, что трансгенные растения картофеля с экспрессируемым геном АЛК-синтетазы *Saccharomyces cerevisiae* обладают повышенной АЛК-синтезирующей способностью, а также более устойчивы к действию низкой температуры по сравнению с диким типом.*

*Ключевые слова: *Solanum tuberosum*, 5-аминолевулиновая кислота, трансгенные растения, низкотемпературный стресс.*

### **ВВЕДЕНИЕ**

Картофель – одна из основных сельскохозяйственных культур в Республике Беларусь и проблема устойчивости данной культуры к неблагоприятным факторам окружающей среды, в частности низкотемпературному стрессу, достаточно актуальна. Особый интерес представляет разработка новых технологий повышения холодоустойчивости картофеля.

В настоящее время в сельскохозяйственном производстве широко используются регуляторы роста растений. Принципиально новым подходом к созданию экологически чистых регуляторов роста растений является использование для этих целей естественных метаболитов растений, в частности экзогенной 5-аминолевулиновой кислоты (далее – АЛК). Известно, что низкие концентрации АЛК оказывают стимулирующий эффект на рост и урожайность ряда сельскохозяйственных культур [1] и повышают защитные свойства растений за счет снижения интенсивности окислительных процессов в клетках, повышения активности антиоксидантных ферментов, а также способности регулировать экспрессию ряда белков, в частности, стимулировать экспрессию нитратредуктазы [2].

Вопрос устойчивости растений к низкотемпературному стрессу в присутствии экзогенной АЛК в литературе освещен достаточно широко. Так, предпосевная обработка семян АЛК, а также опрыскивание данным препаратом листьев проростков перца повышала устойчивость растений к действию низких

температур, что выражалось в увеличении уровня пролина, сахаров, содержания хлорофилла и активности супероксиддисмутазы [3]. Обработка проростков огурца АЛК до начала стрессового воздействия низкой температуры (5 °С, четверо суток) приводила к возрастанию активности антиоксидантных ферментов, содержания аскорбата, пролина, растворимых сахаров [4]. Экзогенная АЛК в низких концентрациях повышала устойчивость проростков сои к действию низкотемпературного стресса (4 °С, двое суток), что выражалось в увеличении содержания хлорофилла, активности каталазы, гемоксигеназы, снижении степени повреждения мембран, уровня активных форм кислорода и продуктов перекисного окисления липидов (далее – ПОЛ) [5].

В связи с вышесказанным особый интерес представляет исследование возможностей и перспектив генно-инженерного синтеза АЛК в растительной клетке. Образование АЛК является ключевым и в то же время лимитирующим звеном в образовании тетрапиролов. В высших растениях и водорослях АЛК образуется в пластидах из глутаминовой кислоты в реакции, катализируемой тремя ферментами: глутамил-тРНК<sup>Глу</sup>-синтетазой, глутамил-тРНК<sup>Глу</sup>-редуктазой и глутамат-1-полуальдегидаминотрансферазой (С 5-путь). Биосинтез АЛК в нефотосинтезирующих организмах ( $\alpha$ -подгруппе протеобактерий, дрожжах, грибах, клетках животных и др.) проходит в митохондриях из глицина и сукцинил-КоА в реакции, катализируемой АЛК-синтетазой (С 4-путь). Генно-инженерный синтез данного фермента в растениях открывает потенциальные возможности повышения накопления в растительной клетке эндогенной АЛК, обладающей свойствами регулятора роста и антистрессового агента.

Показано, что содержание эндогенной АЛК в растительной клетке можно увеличить путем включения в ядерный геном гена дрожжевой АЛК-синтетазы, содержащего последовательность лидерного пептида для транспорта фермента в хлоропласты [6]. Однако известно, что АЛК, введенная в хлоропласты генно-инженерным способом, может запускать на свету деструктивные фотодинамические реакции, связанные с повышенным содержанием протопорфирина IX [7]. Таким образом, актуальной задачей является создание систем экспрессии гена АЛК-синтетазы в клетках растений, обеспечивающих локализацию дополнительной АЛК вне хлоропластов, где она не будет участвовать в синтезе тетрапиролов-фотосенсибилизаторов, но будет проявлять защитные и стимулирующие свойства.

Ранее в Институте биофизики и клеточной инженерии НАН Беларуси были получены трансгенные растения картофеля с генетической конструкцией для экспрессии дрожжевой (*Saccharomyces cerevisiae*) АЛК-синтетазы в клетках растений [8]. Целью данной работы было изучение функциональной активности данной генетической конструкции на уровне ее экспрессии, влияния на АЛК-синтезирующую способность и устойчивость трансгенных растений картофеля к действию низкой температуры.

**МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА**

Растения картофеля *Solanum tuberosum* L. сорта белорусской селекции Скарб, регенерированные из меристемной ткани, были получены из РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству» (аг. Самохваловичи, Минский р-н).

В работе использовали плазмиду pALASC, предоставленную профессором Б. Гриммом (Берлинский университет им. Гумбольдта, Германия). Данная плазида, полученная на основе бинарного вектора pBINAR, содержит рекомбинантный ген для экспрессии АЛК-синтетазы *Saccharomyces cerevisiae* в клетках растений. При проведении генетической трансформации растений использовали агробактериальный штамм AGLO::pALASC [8].

Праймеры, использованные для анализа, были разработаны с помощью программы «Primer-BLAST» и синтезированы в ГНУ «Институт биофизики и клеточной инженерии Национальной академии наук Беларуси» (г. Минск).

Суммарную растительную ДНК выделяли при помощи набора «NucleoSpin® Plant II» («Macherey-Nagel», Германия) согласно протоколу фирмы-производителя.

Тотальную РНК выделяли с использованием реагента «TRIzol» («Sigma-Aldrich», США) по протоколу фирмы-производителя, кДНК синтезировали с использованием AMV-обратной транскриптазы («Thermo Scientific, Fermentas») и олиго-dT<sub>18</sub> праймера.

Накопление эндогенной АЛК в клетках растений определяли по методу, изложенному в работе [9]. Активность реакций ПОЛ в листьях растений оценивали по накоплению продуктов ПОЛ, реагирующих с тиобарбитуровой кислотой. Проницаемость клеточных мембран определяли по выходу электролитов из клеток листьев растений в дистиллированную воду с помощью кондуктометра «HI9932» («HANNA instruments», Германия) [10].

Статистическую обработку экспериментальных данных проводили с помощью программ «SigmaPlot 10.0» («Systat Software», США) и «Excel 2007» («Microsoft», США). Оценивали среднюю квадратичную ошибку среднего арифметического.

**РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Особенностью используемого в данной работе рекомбинантного гена АЛК-синтетазы дрожжей было отсутствие сигнальной последовательности, кодирующей пептид для транспорта фермента в хлоропласты. Следует отметить, что сигнальная последовательность митохондриального лидерного пептида также отсутствовала. Предварительно было показано, что используемая генетическая конструкция функционально активна в клетках растений табака [9]. Трансгенные растения табака обладали повышенной АЛК-синтезирующей способностью и характеризовались улучшенными ростовыми показателями.

Исследование функциональной активности трансгенной конструкции включало определение наличия мРНК-транскриптов в клетках трансформированных

растений картофеля, изучение способности последних к накоплению АЛК, а также определение устойчивости к низкотемпературному стрессу трансгенных линий (вегетативных клонов, соответствующих одному событию трансформации). Наличие мРНК-транскриптов целевого и маркерного генов было подтверждено методом кДНК-ПЦР (рис. 1). Размеры ампликонов соответствуют ожидаемым: 429 пн для праймеров ALA3 (ген АЛК-синтетазы) и 264 пн для праймеров NPT (маркерный ген неомидинфосфотрансферазы). Вегетативное потомство 3-х полученных линий (№ 1–3) было проанализировано на способность к накоплению эндогенной АЛК в листьях. Объектом исследования были 4-недельные растения, выращенные в условиях *in vitro*.

Установлено, что способность листьев трансформированных растений линий 1, 2 и 3 синтезировать АЛК на свету превысила данный показатель растений дикого типа на  $75 \pm 27$ ,  $38 \pm 8$  и  $45 \pm 12$  % соответственно (рис. 2), что свидетельствует об образовании дополнительной АЛК в клетках трансформированных растений за счет дрожжевой АЛК-синтетазы.

Следует отметить, что трансгенные растения представленных линий отличались от растений дикого типа и по своим морфометрическим показателям (рис. 3). В большинстве случаев они обладали большей длиной побегов и шириной листовой пластинки в сравнении с нетрансформированными растениями.

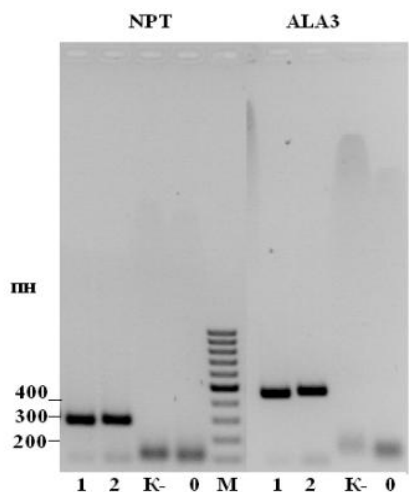


Рисунок 1 – Результаты кДНК-ПЦР с праймерами NPT и ALA3 для растений картофеля сорта Скарб *in vitro* после трансформации AGLO::pALASC: 1, 2 – варианты растений *in vitro* после трансформации; K- – отрицательный контроль (нетрансформированное растение); 0 – контроль без ДНК-матрицы; M – ДНК-маркеры «GeneRuler 100 bp DNA Ladder»

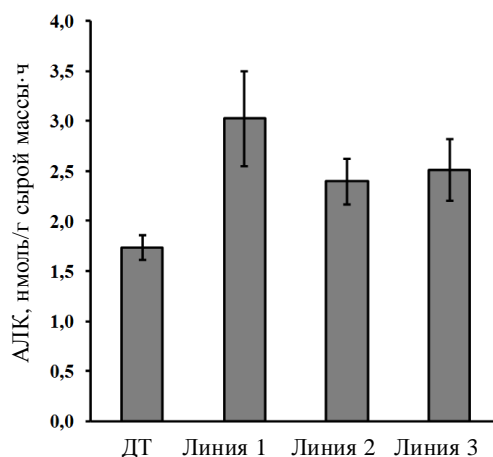


Рисунок 2 – АЛК-синтезирующая способность 4-недельных растений картофеля дикого типа и трансгенных растений картофеля с геном АЛК-синтетазы дрожжей *Saccharomyces cerevisiae*: ДТ – растения картофеля дикого типа; линия 1, линия 2 и линия 3 – линии трансгенных растений картофеля



Рисунок 3 – Внешний вид 4-недельных растений картофеля сорта Скарб *in vitro*:  
 ДТ – растения картофеля дикого типа; 1, 2, 3 – линии трансгенных растений картофеля с геном дрожжевой АЛК-синтетазы

С целью анализа устойчивости полученных трансгенных линий к низкотемпературному стрессу растения картофеля помещали в морозильную камеру при температуре  $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$  на 40 мин. Ответная реакция растений дикого типа и трансгенных растений с геном АЛК-синтетазы на действие стрессового фактора была хорошо видна визуально. В частности, в условиях стресса все листья растений дикого типа темнели, теряли тургор и скручивались. Листья трансгенных растений также теряли свой тургор, но в меньшей степени, чем в диком типе (полная потеря тургора наблюдалась только у наиболее старых листьев).

Повреждающее действие низкотемпературного стресса оценивали также по накоплению продуктов ПОЛ и по выходу электролитов из листовой ткани растений (рис. 4 и 5).

В результате установлено, что при низкотемпературном стрессе количество ТБК-продуктов в диком типе возрастало в 1,4 раза, в клетках растений линий 2 и 3 – в 1,2 раза по сравнению с исходным уровнем (одинаковым для всех линий). Наименьшее содержание ТБК-продуктов было зафиксировано в трансгенных растениях картофеля линии 1. Трансгенные растения линии 1 характеризовались также пониженной проницаемостью мембран к электролитам по сравнению с диким типом (в 1,4 раза в соответствии с рис. 5). Полученные данные свидетельствуют о высокой степени защищенности клеточных мембран трансформированных растений линии 1 от окислительных повреждений, индуцированных низкотемпературным стрессом.



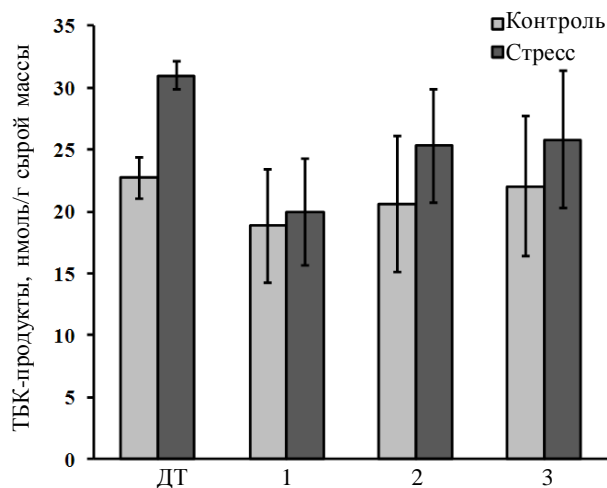


Рисунок 4 – Содержание ТБК-продуктов в листьях трансгенных растений картофеля и растений дикого типа в нормальных условиях выращивания и после действия низкотемпературного стресса: ДТ – растения дикого типа; 1, 2 и 3 – линии трансгенных растений картофеля с геном дрожжевой АЛК-синтетазы; контроль – нормальные условия выращивания; стресс – низкотемпературный стресс (–4 °С, 40 мин)

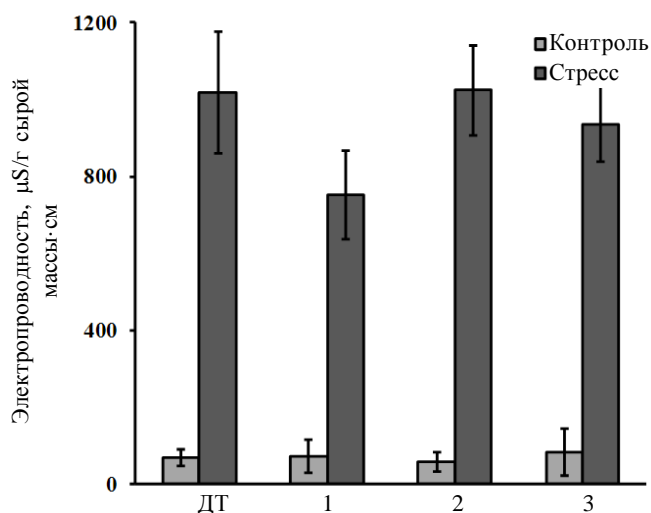


Рисунок 5 – Выход электролитов из ткани листьев трансгенных растений картофеля и растений дикого типа в нормальных условиях выращивания и после действия низкотемпературного стресса: ДТ – растения дикого типа; 1, 2 и 3 – линии трансгенных растений картофеля с геном дрожжевой АЛК-синтетазы; контроль – нормальные условия выращивания; стресс – низкотемпературный стресс (–4 °С, 40 мин)

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Таким образом, показано, что экспрессия рекомбинантного гена АЛК-синтетазы *Saccharomyces cerevisiae* в клетках трансгенных растений картофеля *Solanum tuberosum* L. сопровождается повышением их АЛК-синтезирующей способности, что свидетельствует в пользу функциональной активности данного гена. Дополнительное увеличение эндогенной АЛК в клетках сопровождается также повышенной устойчивостью трансгенных растений к действию низкой температуры по сравнению с диким типом. Установлено также, что наименьший уровень продуктов ПОЛ, а также более низкий выход электролитов в условиях низкой температуры наблюдается в клетках трансгенных растений картофеля, обладающих наибольшей АЛК-синтезирующей способностью.

**Список литературы**

1. Яронская, Е. Б. Экологически безопасные регуляторы роста растений на основе 5-аминолевулиновой кислоты / Е. Б. Яронская, Н. Г. Аверина, М. А. Кисель // Труды БГУ. Сер.: Физиологические, биохимические и молекулярные основы функционирования биосистем. – 2012. – Т. 7. – Ч. 1. – С. 127–134.
2. Механизмы формирования устойчивости растений ячменя к солевому стрессу под действием 5-аминолевулиновой кислоты / Н. Г. Аверина [и др.] // Физиология растений. – 2010. – Т. 57. – № 6. – С. 849–856.
3. Korkmaz, A. Effects of exogenic application of 5-aminolevulinic acid in crop plants / A. Korkmaz // Abiotic stress responses in plants: productivity and sustainability / P. Ahmad, M. N. V. Prasad. – N. Y., 2012. – P. 215–234.
4. Effects of 5-aminolevulinic acid on chilling tolerance in cucumber seedlings / L. Yin [et al.] // Acta Agric Boreali-Occidentalis Sin. – 2007. – Vol. 4. – P. 166–169.
5. The role of 5-aminolevulinic acid in the response to cold stress in soybean plants / K. B. Balestrasse [et al.] // Phytochemistry. – 2010. – Vol. 71. – P. 2038–2045.
6. Zavgorodnyaya, A. Yeast 5-aminolevulinate synthase provides additional chlorophyll precursor in transgenic tobacco / A. Zavgorodnyaya, B. Papenbrock, J. Grimm // The Plant J. – 1997. – Vol. 12, № 1. – P. 169–178.
7. Defense response produced during photodynamic damage in transgenic rice overexpressing 5-aminolevulinic acid synthase / S. Jung [et al.] // Photosynthetica. – 2008. – Vol. 46, № 1. – P. 3–9.
8. Создание трансгенных растений картофеля с геном АЛК-синтетазы дрожжей / Т. А. Гапеева [и др.] // Картофелеводство: сб. науч. тр. / НПЦ НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству. – Минск, 2014. – Т. 22. – С. 50–57.
9. Накопление 5-аминолевулиновой кислоты, хлорофилла и каротиноидов в клетках трансгенных растений табака с геном АЛК-синтетазы дрожжей / С. М. Савина [и др.] // Вес. Нац. акад. наук Беларуси. Сер. бiял. навук. – 2015. – № 4. – С. 35–43.

10. Рогожин, В. В. Влияние ультрафиолетового облучения семян на процессы перекисного окисления липидов в проростках пшеницы / В. В. Рогожин, Т. Т. Курилюк // Биохимия. – 1996. – № 8. – С. 1432–1439.

Поступила в редакцию 21.11.2017 г.

I. A. DREMUK, T. A. GAPEEVA, T. G. TRETYAKOVA, S. M. SAVINA,  
N. G. AVERINA, I. D. VOLOTOVSKIY

**FUNCTIONAL ACTIVITY OF GENETIC CONSTRUCTION  
FOR THE SYNTHESIS OF 5-AMINOLEVULINIC ACID  
IN TRANSGENIC POTATOES PLANTS**

**SUMMARY**

*The transgenic plants of potatoes expressing the gene for the synthesis of Saccharomyces cerevisiae ALA-synthase have been shown to possess the increased ALA-synthesizing ability and higher resistance to low temperature in comparison with the wild type.*

*Key words: Solanum tuberosum, 5-aminolevulinic acid, transgenic plants, low temperature stress.*

УДК 635. 21:[631.527.5 + 575.117.2](476)

**И. А. Родькина<sup>1</sup>, Ю. В. Яхонт<sup>1</sup>, А. В. Кондратюк<sup>1</sup>, Г. А. Яковлева<sup>2</sup>**

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

<sup>2</sup>УО «Белорусский государственный медицинский университет»,  
г. Минск

E-mail: rodkina@tut.by

### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ КАНАМИЦИНА В СЕЛЕКТИВНОЙ СРЕДЕ ДЛЯ ОТБОРА ТРАНСГЕННЫХ ФОРМ КАРТОФЕЛЯ С ЭКСПРЕССИЕЙ РЕПОРТЕРНОГО ГЕНА *npt II***

#### **РЕЗЮМЕ**

*В статье приведены результаты исследований по оценке гибридного материала от 4-х комбинаций анализирующих скрещиваний трансгенных образцов с репортерным геном *npt II* по фенотипическому проявлению маркерного признака – устойчивость к антибиотику канамицин при культивировании на селективной среде. По данным ДНК-маркирования, в гибридном материале были отобраны трансгенные (+*npt II*) и нетрансгенные формы (–*npt II*), которые культивировали на селективных средах с различной концентрацией канамицин сульфата (100, 220, 250, 300, 350, 400 мг/л). Установлено, что для первичного скрининга генеративного потомства от трансгенных образцов на наличие маркерного признака следует использовать селективную среду с концентрацией канамицина сульфата 220–250 мг/л. Доказано, что образование воздушных корней у растений *in vitro* при культивировании на селективной среде с канамицином не связано с экспрессией маркерного гена *npt II*.*

*Ключевые слова:* картофель, трансгенные растения, генеративное потомство, маркерный ген *npt II*, канамицин-устойчивость, ПЦР-анализ.

#### **ВВЕДЕНИЕ**

Современная селекция, создающая высокопродуктивные сорта растений, уже не может кардинально повысить их качество и устойчивость к биотическим и абиотическим факторам среды. В настоящее время основным направлением традиционной селекции картофеля является создание источников устойчивости к грибным, бактериальным и вирусным болезням, для которых в связи с изменением климата и повсеместным привлечением средств

химической защиты для сохранения урожая характерна резкая эволюция видов, рас и штаммов. В результате существует необходимость привлечения диких и примитивных видов картофеля, что значительно удлиняет селекционные программы, так как требует проведения многократных насыщающих скрещиваний (беккроссы).

Трансгенез как метод создания исходного материала, отличающийся направленностью изменчивости и позволяющий создать новый генотип без изменения основного комплекса морфологических и хозяйственно ценных признаков исходного сорта, довольно привлекателен для селекции полиплоидных и высоко гетерозиготных культур (в том числе картофель), для которых любое скрещивание сопровождается полным изменением исходного генотипа.

Генетическая трансформация нашла широкое применение в фундаментальных исследованиях молекулярной биологии. Трансгенные организмы представляют собой уникальные модельные системы, на которых можно проследить как механизмы регуляции экспрессии генов, так и фенотипическое проявление отдельно взятых собственных или чужеродных генов. Несмотря на успешную интеграцию, экспрессия чужеродных генов в растениях часто оказывается нестабильной. Это зависит от многих факторов – природы гена, количества копий вставки, гомологии последовательности собственным генам и от места вставки [1].

Для экспрессии чужеродного гена в реципиентном организме создается генетическая конструкция, в состав которой, помимо целевого гена, входят маркерные (репортерные) гены и соответствующие регуляторные последовательности. Наличие маркерных (селективных) генов в генетической конструкции обусловлено необходимостью проведения первичного отбора трансформированных растительных клеток еще в условиях культуры *in vitro* на селективных питательных средах. В качестве селективных маркерных генов часто используют гены, которые кодируют ферменты, обеспечивающие устойчивость растительных клеток к антибиотикам или гербицидам. В результате при высоком содержании этих веществ в питательной среде можно выявить трансформированные клетки, ткани и растения. При создании исходных трансгенных форм картофеля чаще всего вводится ген неомицинфосфотрансферазы II (*npt II*), отвечающий за устойчивость трансгенных растений к антибиотику канамицину. Успешно применяются и другие маркерные гены, обуславливающие устойчивость к другим антибиотикам, например, гиромоцину, метотраксату и др. [2, 3].

В настоящей статье приводятся результаты исследований по вовлечению в гибридизацию трансгенных образцов картофеля с целевым геном белка оболочки Y-вируса картофеля (БО YVK) и маркерным геном *npt II*.

Цель работы – определение эффективных концентраций селективного фактора (антибиотик канамицин) в селективной среде для наиболее корректного отбора преимущественно трансгенных форм в гибридном материале.

**МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА**

В экспериментах использованы ботанические семена от 4-х комбинаций реципрокных скрещиваний генеративного потомства трансгенных образцов (ТГ) и соматических гибридов (МВГ):

1) МВГ×ТГ: 815-95×К12 – комбинация Т1301;

2) ТГ×МВГ: К12×В14-16 – комбинация Т2Д01; К14×В14-16 – комбинация Т2Д02; К38×В14-16 – комбинация Т2Д03.

Трансгенные образцы К12, К14 и К38 были отобраны ранее по экспрессии чужеродных генов (фенотипическое проявление и наличие ПЦР-продукта) среди гибридов комбинации Каприз×b7, где b7 – исходный трансгенный образец с целевым геном БО YVK и маркерным геном *npt II*.

Образец 815-95 – межвидовой гибрид, выделенный в третьем генеративном поколении соматического гибрида комбинации слияния протопластов SB (*S. bulbocastanum* + сортообразец 78563-76<sub>cld</sub>, где cld – хлорофиллдефектность).

Образец В14-16 – межвидовой гибрид, выделенный в третьем генеративном поколении соматического гибрида комбинации слияния протопластов 2D (86-6 [межвидовой гибрид (*S. tuberosum* Ч *S. chacoense*), 2x] + *S. etuberosum*).

Оценку канамицин-устойчивости семян нетрансформированного картофеля проводили в соответствии с методическими указаниями, разработанными в РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству» [4].

Для проведения первичного скрининга на наличие маркерного гена *npt II* ботанические семена были введены в культуру *in vitro*. Работы по введению семян осуществлялись в условиях ламинарного бокса. Подготовка посуды стандартная для работ с культурой тканей и клеток [5].

Первоначально семена для смачивания помещали в 70 %-й раствор этанола, затем стерилизовали в растворе хлорсодержащего коммерческого препарата Белизна в течение 12–14 мин. Стерилизующий раствор готовили в следующем соотношении: 1 часть Белизны : 4 части автоклавированной дистиллированной воды. После многократной отмывки в дистиллированной воде сушили на стерильной фильтровальной бумаге. Для проращивания по 30–40 семян с помощью копья высаживали на одноразовые пластиковые чашки Петри с агаризованной средой MS [6].

Проращивание семян проводили в условиях культурального зала: фотопериод 16 часов, температура от 18 до 20 °С, освещенность 4000 Люкс. Длительность проращивания зависела от комбинации и могла достигать одного месяца. Верхушечную часть проростков высаживали на стандартную агаризованную среду MS и культивировали до образования необходимого объема растительного материала.

Для выявления фенотипического проявления гена *npt II* у гибридов картофеля использовали агаризованную среду Мурасиге-Скуга (MS) с добавлением антибиотика канамицина (MS-Km). Селективную среду готовили в асептических

условиях. Для приготовления использовали расплавленную стандартную среду MS (не более 60 °С), в которую через бактериальный фильтр (диаметр пор 0,22 мкм) методом «холодной» стерилизации вводили селективирующий антибиотик канамицин сульфат (водный раствор), затем перемешивали и разливали в пробирки.

При определении эффективной концентрации канамицина для отбора трансгенных форм с геном *npt II* стеблевые черенки высаживали на среду MS-Km со следующими концентрациями селективирующего фактора (Km): 100, 220, 250, 300, 350, 400 мг/л. Этап пересадки гибридов на селективную среду заключается в удалении корней, черенковании и пассировании стеблевых черенков растений *in vitro* на селективную среду с погружением нижней пазушной почки в среду. Учет фенотипов растений проводится на 14 и 30 сутки после пассажа на селективную среду.

Оценку канамицин-устойчивости проводили по методике [5]. При проведении оценки учитывалось два признака: укоренение и окраска сеянцев на селективной среде.

Наличие маркерного гена определяли методом ПЦР-анализа. Выделение ДНК из растений *in vitro* осуществляли с помощью набора Нуклеосорб, Праймтех (Беларусь), согласно протоколу производителя. Полимеразную цепную реакцию проводили в объеме 15 мкл при следующем составе реакционной смеси: 1х буфер для Tornado Taq-полимеразы, 0,2 мМ каждого из dNTP, 0,2 мкМ каждого из праймеров, 100 нг ДНК и 0,6 U Tornado Taq-полимеразы. В работе использовали олигонуклеотиды, синтезированные в ОДО «Праймтех» (Беларусь).

Наличие гена неомидинфосфотрансферазы определяли методом ПЦР с праймерами (F: CCTTGCCTCCTGCCGAGAAAGTATCC; R: CGGCAAG CAGGCATCGCCATGTGTC) на ген *npt II*.

Полимеразную цепную реакцию проводили при следующих температурных условиях: 1 цикл: 95 °С – 15 мин; 30 циклов: 99 °С – 3 сек, T<sub>отж</sub> – 20 сек, 72 °С – 30 сек; 1 цикл: 72 °С – 2 мин. Температура отжига праймеров (T<sub>отж</sub>) составляла 58 °С. Для постановки ПЦР использовался амплификатор Veriti (Applied Biosystems, США).

Электрофорез ДНК проводили в 1,5 % агарозном геле в трис-боратном буфере (2 мМ ЭДТА, 89 мМ борной кислоты, 89 мМ Трис, рН 8,3) при напряжении 3–4 В/см. В агарозный гель перед полимеризацией добавляли бромистый этидий концентрацией 0,5 мкг/мл. Визуализацию фрагментов ДНК проводили с применением системы гель-документирования Doc-Print VX2 Hood (Vilber Lourmat, Франция).

Повторность реакции ПЦР с каждым из маркеров и образцом ДНК двукратная.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Существует два пути использования в селекции созданных трансгенных растений:

1. Выделение перспективных кандидатов на трансгенный сорт среди первичных трансформантов.

2. В качестве родительской формы для создания новых сортов с заданными параметрами.

Для второго способа важно, чтобы трансгенный образец при гибридизации был способен формировать жизнеспособное генеративное потомство и передавать целевой признак большинству гибридов. Помимо этого возможность вовлечения трансгенных растений в селекционные программы в качестве исходного материала требует корректного отбора собственно трансгенных сеянцев в половом потомстве от самоопыления и скрещиваний. Первичный отбор гибридов на трансгенность удобно проводить по маркерным (репортерным) признакам.

Маркерный ген *npt II* осуществляет контроль синтеза фермента неомицинфосфотрансферазы, что определяет устойчивость трансгенных растений к антибиотику канамицину. Считается, что фенотипическое проявление устойчивости – укоренение сеянцев на селективной среде с канамицином. Согласно методическим указаниям по получению трансформированных растений картофеля неустойчивые трансформанты на селективной среде этиолированы, без корней, имеют белый стебель с чешуевидными листьями; относительно устойчивые формы – мозаичную либо зеленую окраску, без корней; канамицин-устойчивые трансформанты – нормально развитые зеленые листья и стебель, развитую корневую систему [4, 6].

В наших экспериментах на селективную среду высаживали верхушки проростков или стеблевые черенки, лишённые корневой системы, так как в случае проращивания семян на питательной среде с канамицином невозможно получить четкого распределения генеративного потомства по укоренению. Зародыш семени уже имеет зачаток корня (корневой бугорок зародыша семени), в результате при проращивании селективный фактор не предотвращает развитие корня, а лишь оказывает влияние на интенсивность его роста. Так, Е. В. Исаенко и Н. А. Картель в одной из своих работ [7] проводили анализ фенотипического проявления признака канамицин-устойчивости при различных концентрациях канамицина в селективной среде (от 50 до 100 мг/л), минуя этап проращивания на стандартной агаризованной среде MS. В результате первичный отбор канамицин-устойчивых сеянцев проводился по длине и разветвленности корневой системы. Такие критерии отбора не позволяют однозначно определить трансформированные растения среди генеративного потомства по фенотипу.

В соответствии с литературными данными концентрация канамицина для проведения оценки устойчивости к антибиотику может варьировать от 50 до 200 мг/л для различных трансформированных растений [8].

Для сеянцев трансгенного картофеля чаще используется канамицин сульфат концентрацией 100 мг/л и время культивирования на питательной среде MS-Km в течение 2–3 недель, после проводится отбор первичных трансформантов по фенотипическому проявлению маркерного признака канамицин-устойчивости,



и, как правило, отбираются только выжившие растения. Некоторые исследователи при отборе канамицин-устойчивого генеративного потомства трансгенных растений различных культур в качестве основного критерия используют не корнеобразование, а окраску семян, выросших на селективной среде [9–11].

В наших исследованиях первоначально была проведена оценка гибридного материала на канамицин-устойчивость 177 гибридов четырех комбинаций с концентрацией канамицина в селективной среде 220 мг/л (табл. 1). Выбранная концентрация селективного фактора была определена нами экспериментально согласно результатам предыдущих исследований [12–17].

Стеблевые черенки гибридов с двумя пазушными почками были высажены на селективную среду таким образом, чтобы нижняя почка была погружена в селективную среду. Учет укоренения гибридов проводили дважды на 14 и 30 сутки после пересадки. Результаты учета канамицин-устойчивости гибридов на 30 сутки культивирования представлены в таблице 1.

Культивирование гибридов комбинаций Т2Д01 и Т2Д02 на селективной среде MS-Km привело к расщеплению генеративного потомства на четыре фенотипических класса: зеленые с корнями, зеленые без корней, мозаичные и белые. Причем более 70 % генеративного потомства этих комбинаций имели фенотип «зеленые без корней». Среди гибридов комбинаций Т1301 и Т2Д03 укоренившихся форм не выявлено.

Учитывая результаты предыдущих исследований, отсутствие укоренения или невысокая доля укоренившихся гибридов (однозначно носителей маркерного гена) в потомстве от анализирующих скрещиваний вполне согласуется с предполагаемым характером наследования признака «канамицин-устойчивость» у генеративного потомства от трансгенных образцов с геном *npt II* [4, 16].

В генеративном потомстве всех комбинаций анализирующих скрещиваний довольно высока доля гибридов фенотипа «зеленые без корней» – 53,6–78,1%. В наших экспериментах эта группа гибридов представляла особый интерес, так как согласно полученным ранее результатам ПЦР-анализа среди гибридов фенотипа «зеленые без корней» есть как трансгенные формы, так и варианты без гена *npt II* [4].

Таблица 1 – Распределение по фенотипу генеративного потомства от анализирующих скрещиваний трансгенных образцов с геном *npt II* и соматических гибридов на 30 сутки культивирования на селективной среде (MS-Km)

Комбинация	Всего гибридов, шт.	Фенотип гибридов на селективной среде MS-Km (Km 220 мг/л)							
		зеленые с корнями		зеленые без корней		мозаичные		белые	
		шт.	%	шт.	%	шт.	%	шт.	%
Т1301	30	0	0	17	57,6	10	33,3	3	10,0
Т2Д01	37	6	16,2	27	73,0	3	8,1	1	2,7
Т2Д02	41	6	14,6	32	78,1	3	7,3	0	0
Т2Д03	69	0	0	37	53,6	18	26,1	14	20,3

Как отмечено выше, для анализа наследования канамицин-устойчивости большинство исследователей проводят отбор по окраске семян. Следовательно, отбор семян, ориентированный лишь на зеленую окраску проростков, неизбежно приводит к ошибочному отбору нетрансгенных образцов. Так, Б. А. Левенко отмечает, что отобранные канамицин-устойчивые растения не всегда являются трансгенными и с определенной частотой отбираются растения, избежавшие угнетающего и обесцвечивающего эффекта канамицина [9, с. 63].

Для определения эффективной концентрации канамицина в селективной среде, обеспечивающей отбор преимущественно трансгенных форм с геном *npt II*, предварительно было проведено тестирование методом ПЦР гибридов всех комбинаций на наличие маркерного гена. По данным ДНК-маркирования, отобраны 16 образцов: 9 – трансгенные формы (+*npt II*), 7 – с отрицательными результатами по тесту (–*npt II*) (табл. 2). Для культивирования использовали среды с различной концентрацией канамицина сульфата: 100, 220, 250, 300, 350, 400 мг/л. В таблице приведены данные учета на 30 сутки после пассажа на селективную среду по фенотипическому проявлению канамицин-устойчивости трансгенных и нетрансгенных форм в зависимости от концентрации антибиотика.

Следует отметить, что для нетрансформированного картофеля характерна частичная устойчивость к канамицину. Так, при культивировании на селективной среде с антибиотиком (Км 220 мг/л) генеративного потомства от свободного опыления нетрансформированных сортов Белорусский 3, Дезира и Росинка нами отмечено проявление фенотипа «зеленые без корней» [5], что позволило выдвинуть гипотезу об участии в реализации канамицин-устойчивости (зеленая окраска семян) как минимум двух генов генома картофеля. Поэтому при первичном скрининге генеративного потомства от трансгенных образцов по маркерному гену *npt II* основным критерием отбора является укоренение гибридов на селективной среде. Однако среди гибридов фенотипа «зеленые без корней» довольно высока вероятность наличия трансгенных форм, что было подтверждено результатами ДНК-анализа.

Повышение концентрации канамицина в селективной среде для 5 из 9 трансгенных образцов (Т2Д01-1, Т2Д01-2, Т2Д01-3, К12, К14) фенотипа «зеленые без корней» не приводило к этиолированию и дальнейшей гибели проростков (см. табл. 2), однако увеличение концентрации антибиотика негативно сказывалось на развитии растений и приводило к уменьшению высоты стебля.

Для 4-х образцов Т2Д01-6, Т2Д01-7, Т2Д01-10, Т2Д02-2 с наличием маркера повышение концентрации селективирующего фактора в среде приводило к угнетению роста и постепенному обесцвечиванию растений (рис. 1). В данном случае можно предположить, что выявленные различия по реализации признака «канамицин-устойчивость» у гибридов носителей чужеродного гена *npt II* прежде всего связаны с различным уровнем экспрессии гена.

В целом можно отметить, что для роста и развития трансгенных образцов с геном *npt II* фенотипа «зеленые без корней» оптимальны следующие концентрации антибиотика в селективной среде: 100, 220, 250 мг/л. Повышенные

РАЗДЕЛ 2. ГЕНЕТИКА КАРТОФЕЛЯ

Таблица 2 – Распределение гибридов от анализирующих скрещиваний трансгенных образцов с геном *npt II* по фенотипу при культивировании на селективной среде с различной концентрацией канамицина сульфата

Концентрация канамицина (Км), мг/л	Фенотип на среде MS-Km при разных концентрациях канамицина			Всего образцов
	зеленые без корней	мозаичные	белые	
Образцы с наличием маркерного гена (+ <i>npt II</i> )				
100	T2Д01-1, T2Д01-2, T2Д01-3, T2Д01-6, T2Д01-7, T2Д01-10, T2Д02-2, K12, K14	-	-	9
220	T2Д01-1, T2Д01-2, T2Д01-3, T2Д01-6, T2Д01-7, T2Д01-10, T2Д02-2, K12, K14	-	-	9
250	T2Д01-1, T2Д01-2, T2Д01-3, T2Д01-6, T2Д01-7, T2Д01-10, T2Д02-2, K12, K14	-	-	9
300	T2Д01-1, T2Д01-2, T2Д01-3, T2Д01-10, T2Д02-2, K12, K14	T2Д01-6	T2Д01-7	9
350	T2Д01-1, T2Д01-2, T2Д01-3, T2Д01-10, T2Д02-2, K12, K14	T2Д01-6	T2Д01-7	9
400	T2Д01-1, T2Д01-2, T2Д01-3, K12, K14	-	T2Д01-6, T2Д01-7 T2Д01-10, T2Д02-2	9
Образцы безмаркерного гена (- <i>npt II</i> )				
100	T2Д01-5, T2Д03-52, T2Д03-56	T2Д02-6, T2Д03-54, T2Д03-59, T2Д03-60	-	7
220	T2Д03-52	T2Д01-5, T2Д02-6, T2Д03-54, T2Д03-56, T2Д03-59, T2Д03-60	-	7
250	-	T2Д01-5, T2Д02-6, T2Д03-52, T2Д03-54, T2Д03-56, T2Д03-59, T2Д03-60	-	7
300	-	T2Д01-5, T2Д02-6, T2Д03-52, T2Д03-54	T2Д03-56	5
350	-	T2Д02-6, T2Д03-52	T2Д03-56	3
400	-	T2Д03-52	T2Д03-54, T2Д03-56	3



Рисунок 1 – Морфотип гибрида T2D01-2 при культивировании на селективной среде при разных концентрациях канамицина сульфата (MS-Km 100, 220, 250, 300, 350, 400 мг/л)

концентрации канамицина (Km 300–400 мг/л) приводят к постепенному «отравлению» растений (угнетение роста), обесцвечиванию части трансгенных гибридов, что может способствовать ошибочной элиминации трансгенных форм при первичном отборе по маркерному признаку.

Согласно данным таблицы 2 можно сделать вывод о неэффективности среды с концентрацией антибиотика 100 мг/л для выбраковки нетрансгенных форм. Гибриды безмаркерного гена T2D01-5, T2D03-52, T2D03-56 при культивировании на среде с указанной концентрацией имели фенотип «зеленые без корней», в то же время при повышении дозы селективирующего фактора для них определен фенотип «мозаичные». Угнетение роста и развития, а также гибель большей части образцов при повышении концентрации антибиотика в большей степени проявились при культивировании нетрансгенных гибридов (*-npt II*) – см. таблицу 2).

Суммируя данные по культивированию гибридного потомства от анализирующих скрещиваний трансгенных образцов с маркерным геном *npt II* на селективной среде с различной концентрацией антибиотика канамицина, можно сделать следующий вывод: внесение канамицина в среду концентрацией менее 220 мг/л приводит к ошибочному отбору части выживших нетрансгенных форм. Согласно результатам наших экспериментов для первичного скрининга генеративного потомства от трансгенных образцов по репортерному гену *npt II* следует использовать селективную среду с концентрацией канамицина сульфата 220–250 мг/л. Внесение антибиотика в таких концентрациях позволяет сохранить гибридное потомство и отобрать большую часть трансгенных форм. Однако для окончательной элиминации из экспериментов нетрансгенных гибридов необходимо проведение дополнительного тестирования на наличие маркера методом ПЦР.

При культивировании гибридного потомства на селективной среде у части образцов с зеленой окраской было отмечено образование воздушных корней из пазушных почек, расположенных выше уровня селективной среды (рис. 2). Особенно значительна доля таких гибридов среди генеративного потомства комбинации T1301 (26,6 %).



Рисунок 2 – Образование воздушных (пазушных) корней через месяц культивирования на селективной среде с канамицином (MS-Km 220 мг/л)

Для того чтобы определить связано ли образование воздушных корней с экспрессией гена *npt II*, гибриды комбинации T1301 были проверены на наличие гена *npt II* методом ПЦР. В качестве положительного контроля использовали трансгенные образцы, несущие ген *npt II* – K91, K38, K14 (рис. 3). Ожидаемый размер ПЦР-продукта составлял 264 п. н.

Согласно результатам ПЦР-анализа гибридов комбинации T1301 17 из 30 образцов (56,6 %) являются носителями маркерного гена *npt II* (табл. 3).

В соответствии с данными таблицы 3 образование воздушных корней у генеративного потомства от трансгенных образцов с геном *npt II* при культивировании на селективной среде с канамицином не связано с экспрессией маркерного гена. Так, корнеобразование из пазушных почек отмечено как у трансгенных форм (T1301-3, T1301-4, T1301-8, T1301-21, T1301-32), так и у гибридов безмаркерного гена (T1301-12, T1301-13, T1301-35). Можно предположить, что образование воздушных корней у растений картофеля при культивировании на селективной среде с канамицином сульфатом – это один из способов выживания в неблагоприятных условиях среды.

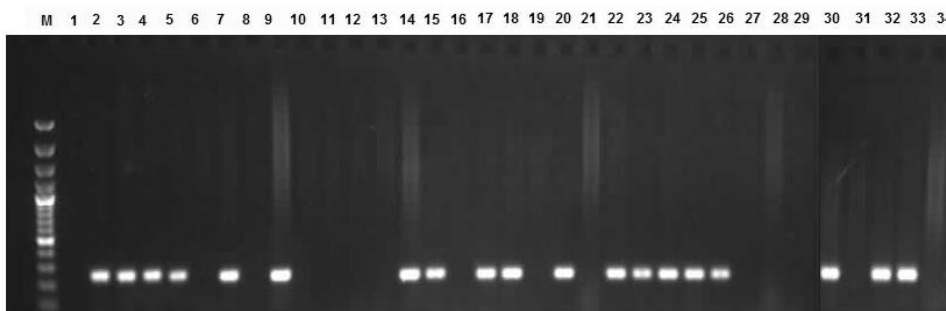


Рисунок 3 – Результаты тестирования генеративного потомства от скрещивания соматического гибрида 815-95 и трансгенного образца K12 на наличие маркерного гена *npt II*:

**М** – маркер молекулярного веса; **1** – отрицательный контроль (К-);  
**2–4** – K91, K38, K14 (К+); **5** – T1301-3; **6** – T1301-1; **7** – T1301-5; **8** – T1301-2;  
**9** – T1301-6; **10** – T1301-7; **11** – T1301-10; **12** – T1301-12; **13** – T1301-13; **14** – T1301-8;  
**15** – T1301-9; **16** – T1301-14; **17** – T1301-11; **18** – T1301-15; **19** – T1301-20;  
**20** – T1301-16; **21** – T1301-22; **22** – T1301-17; **23** – T1301-18; **24** – T1301-21;  
**25** – T1301-23; **26** – T1301-24; **27** – T1301-25; **28** – T1301-29; **29** – T1301-30;  
**30** – T1301-32; **31** – T1301-35; **32** – T1301-4; **33** – T1301-34; **34** – T1301-31

РАЗДЕЛ 2. ГЕНЕТИКА КАРТОФЕЛЯ

Таблица 3 – Распределение гибридов комбинации T1301 (815-95×K12) по фенотипу на селективной среде (MS-Km 220 мг/л) и результатам ДНК-маркирования репортерного гена *npt II*

Наличие / отсутствие гена <i>npt II</i>	Количество, шт.	Фенотип гибридов на селективной среде		
		зеленые без корней	мозаичные	белые
+ <i>npt II</i>	17	<b>T1301-3, T1301-4, T1301-5, T1301-6, T1301-8, T1301-9, T1301-17, T1301-18, T1301-21, T1301-23, T1301-24, T1301-32, T1301-34</b>	T1301-15, T1301-16	T1301-11, T1301-25
- <i>npt II</i>	13	<b>T1301-12, T1301-13, T1301-29, T1301-35</b>	T1301-2, T1301-7, T1301-10, T1301-14, T1301-20, T1301-22, T1301-30, T1301-31	T1301-1
Итого	30	17	10	3

Примечание. Жирным шрифтом выделены образцы с образованием воздушных корней на селективной среде (MS-Km).

Следует отметить, что ДНК-маркирование гена *npt II* для 30 гибридов комбинации T1301 позволило выделить 17 трансгенных образцов, которые при культивировании на селективной среде с канамицином имели разные фенотипы: 13 – зеленые без корней, 2 – мозаичные, 2 – белые.

Этот факт требует проведения дополнительных экспериментов для общей совокупности гибридов других комбинаций и генетического анализа с большим объемом данных, а также, возможно, значительной редакции рабочей гипотезы о характере наследования репортерного гена *npt II* у картофеля.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведена оценка гибридного материала от 4-х комбинаций скрещиваний трансгенных образцов с репортерным геном *npt II* и межвидовых гибридов, выделенных в генеративном потомстве соматических гибридов с дикими видами картофеля, по фенотипическому проявлению маркерного признака – устойчивость к антибиотику канамицин при культивировании на селективной среде.

Первоначально фенотипическое проявление маркерного признака определили для 177 гибридов 4-х комбинаций при культивировании на селективной среде с канамицином сульфатом концентрацией 220 мг/л, выбранной ранее экспериментальным путем. По результатам оценки выявлено расщепление генеративного потомства на 4 фенотипических класса: зеленые с корнями, зеленые без корней, мозаичные и белые. Доля генотипов с фенотипическим проявлением экспрессии гена *npt II* (корнеобразование на селективной среде MS-Km) составила 14–16 %. Среди гибридов 2-х комбинаций T1301 и T2Д03 не обнаружено укоренившихся форм.

При культивировании на селективной среде генеративного потомства от анализирующих скрещиваний трансгенных образцов с маркерным геном *npt II* отмечено значительное количество выживших гибридов, имеющих зеленую окраску стебля и листьев, но не образующих корни – от 53,6 до 78,1 %.

Для определения эффективной концентрации канамицина в селективной среде, обеспечивающей отбор преимущественно трансгенных форм с геном *npt II*, проведено тестирование методом ПЦР гибридов всех комбинаций на наличие маркерного гена. По данным ДНК-маркирования, отобраны 16 образцов: 9 – трансгенные формы (+*npt II*), 7 – с отрицательными результатами по тесту (–*npt II*). В дальнейшем отобранные гибриды культивировали на селективных средах с различной концентрацией канамицина сульфата: 100, 220, 250, 300, 350, 400 мг/л.

Установлено, что для роста и развития трансгенных образцов с геном *npt II* на селективной среде оптимально добавление антибиотика в следующих концентрациях: 100, 220 и 250 мг/л. Увеличение дозы канамицина (Km 300–400 мг/л) негативно влияло на рост и развитие растений *in vitro*, приводило к обесцвечиванию части трансгенных гибридов (+*npt II*), что может способствовать ошибочной элиминации генотипов – носителей маркерного гена.

В результате экспериментов сделан вывод о неэффективности селективной среды с концентрацией антибиотика 100 мг/л для выбраковки нетрансгенных форм (–*npt II*).

Согласно полученным результатам для первичного скрининга генеративного потомства от трансгенных образцов на наличие маркерного признака «устойчивость к канамицину» (фенотипическое проявление гена *npt II*) следует использовать селективную среду с концентрацией канамицина сульфата 220–250 мг/л. Внесение антибиотика в таких концентрациях позволяет сохранить гибридное потомство и отобрать большую часть трансгенных форм. Однако для окончательной элиминации из экспериментов нетрансгенных генотипов необходимо проведение дополнительного тестирования на наличие маркера методом ПЦР.

При культивировании генеративного потомства от трансгенных образцов с геном *npt II* у части гибридов с зеленой окраской было отмечено образование воздушных корней из пазушных почек, расположенных выше уровня селективной среды. В соответствии с результатами ПЦР-анализа установлено, что образование воздушных корней не связано с экспрессией маркерного гена, а является одним из способов выживания в неблагоприятных условиях среды.

### Список литературы

1. Yoder, J. I. Transformation system for generation marker-free transgenic plants / J. I. Yoder, A. P. Goldsbrough // *Biotechnology*. – 1994. – Vol. 12. – P. 263–267.
2. Miki, B. Selectable marker genes in transgenic plants: applications, alternatives and biosafety / B. Miki, S. McHugh // *Journal of Biotechnology*. – 2004. – Vol. 107 (3). – P. 193–232.
3. Antibiotic Resistance Markers in Genetically Modified (GM) Crops // *Biotechnology EFo*. – 2001. – P. 1–4.

4. Наследование и экспрессия трансгена *npt II* *in vivo* и *in vitro* у кукурузы / Е. В. Шапар [и др.] // Современная физиология растений: от молекул до экосистем: материалы Междунар. конф., Сыктывкар, 18–24 июня 2007 г.: в 3-х ч. – Сыктывкар, 2007. – Ч. 3. – 412 с.
5. Методические указания по первичному отбору гибридных семян от трансгенных растений картофеля по маркерному признаку / И. А. Родькина [и др.]; Нац. акад. наук Беларуси, Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству. – Минск: ГИВЦ Минсельхозпрода, 2009. – 20 с.
6. Методические указания по получению трансформированных растений картофеля / Рос. акад. с.-х. наук, ВНИИКХ. – М., 1995. – 15 с.
7. Исаенко, Е. В. Анализ наследования трансгена *сгу3аМ* у потомства модифицированных растений картофеля / Е. В. Исаенко, Н. А. Картель // Генетика и биотехнология XXI века. Фундаментальные и прикладные аспекты: материалы Междунар. науч. конф., Минск, 3–6 дек. 2008 г. / Ин-т генетики и цитологии НАН Беларуси. – Минск, 2008. – С. 82–85.
8. Богомаз, Д. И. Изучение взаимодействия генотипов растений и штамма *Agrobacterium tumefaciens* при получении форм картофеля, устойчивых к колорадскому жуку / Д. И. Богомаз // Экологическая генетика. – 2005. – Т. III. – № 1. – С. 34–41.
9. Левенко, Б. А. Трансгенные растения. Современное состояние, проблемы, перспективы / Б. А. Левенко. – Киев: Дошкольник, 2000. – 305 с.
10. Инактивирование чужеродных генов в геноме трансгенных растений / Е. В. Дейнеко [и др.] // Изучение генома и генетическая трансформация растений: материалы Всерос. симпозиума, Иркутск, 23–27 авг. 1999 г. – Новосибирск: Наука, 2001. – С. 132–142.
11. Курочкина, С. Д. Получение трансгенных растений картофеля и их молекулярно-генетический анализ: автореф. дис... канд. биол. наук: 03.00.15 / С. Д. Курочкина; ИГиЦ НАН Беларуси. – Минск, 1995. – 20 с.
12. Получение новых форм картофеля методами биотехнологии / Г. А. Яковлева [и др.] // Аграр. наука на рубеже XXI в.: материалы общ. собр. ААН Респ. Беларусь, Минск, 16 нояб. 2000 г. / Минсельхозпрод, ААН Респ. Беларусь. – Минск, 2000. – С. 214–218.
13. Родькина, И. А. Наследование маркерного признака устойчивости к канамицину в половом потомстве трансгенных растений / И. А. Родькина, Г. А. Яковлева // Биотехнология в растениеводстве, животноводстве и ветеринарии: материалы II Междунар. науч. конф., Москва, 18–19 окт. 2000 г. / РАСХН, ВНИИ с.-х. биотехнологии. – М., 2000. – С. 126–128.
14. Родькина, И. А. Устойчивость к канамицину полового потомства трансгенных растений картофеля с разными целевыми генами / И. А. Родькина, Г. А. Яковлева // С.-х. биотехнология: материалы II Междунар. науч.-практ. конф., Горки, 3–6 дек. 2001 г. / Минсельхозпрод, НАН Беларуси, БГСХА. – Горки, 2002. – С. 274–277.



15. Яковлева, Г. А. Полевые и лабораторные испытания трансгенного картофеля с частично-модифицированным геном бациллярного токсина / Г. А. Яковлева, И. В. Гулина, И. А. Родькина // Молекуляр. генетика и биотехнология: материалы Междунар. конф., Минск, 6–8 апр. 1998 г. / Отд-ние биол. наук НАН Беларуси, Белорус. о-во генетиков и селекционеров, НИГиЦ НАН Беларуси. – Минск, 1998. – С. 292–293.

16. Родькина, И. А. Экспрессия устойчивости к Y-вирусу у трансгенного картофеля с геном белка оболочки YBK и первичный скрининг полового потомства: дис. ... канд. биол. наук: 03.00.15 / И. А. Родькина. – аг. Самохваловичи, 2005. – 182 с.

17. Родькина, И. А. Горизонтальный перенос чужеродных генов при испытании трансгенных образцов с геном белка оболочки Y-вируса картофеля в полевых условиях / И. А. Родькина, Н. С. Улитина, Г. А. Яковлева / Картофелеводство: сб. науч. тр.: в. 2 ч. / Науч.-практ. центр НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству; редкол.: С. А. Турко [и др.]. – Минск, 2013. – Т. 21. – Ч. 1. – С. 193–210.

Поступила в редакцию 16.10.2017 г.

I. A. RODKINA, YU. V. YAHONT, A. V. KONDRATYUK,  
G. A. YAKOVLEVA

## **DETERMINATION OF THE EFFECTIVE CONCENTRATION OF CANAMICINE IN SELECTIVE MEDIUM FOR THE SELECTION OF TRANSGENIC POTATOES WITH THE *NPT II* REPORTER GENE**

### **SUMMARY**

*The research result on the evaluation of a hybrid material of 4 combinations of analyzing crosses of transgenic potatoes with npt II gene on the phenotypic appearance of a marker sign – the resistance to the antibiotic kanamycin when cultured on selective medium are presented in the article. According to the DNA marking data, transgenic (+npt II) and non-transgenic forms (–npt II) were selected and cultured on selective media with different concentration of kanamycin sulfate (100, 220, 250, 300, 350, 400 mg/l). It was established that selective medium with a concentration of kanamycin sulfate of 220–250 mg/l should be used for the screening of generative progeny from transgenic samples with npt II gene. It was proved that the formation of air roots of in vitro potatoes plants is not associated with the expression of the marker gene npt II.*

*Key words:* potatoes, transgenic plants, generative progeny, marker gene of *npt II*, kanamycin resistance, PCR-analysis.

УДК 635.21:631.52:

**Н. В. Русецкий<sup>1</sup>, Е. В. Воронкова<sup>2</sup>**

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

<sup>2</sup> ГНУ «Институт генетики и цитологии Национальной академии наук Беларуси», г. Минск

<sup>1</sup> E-mail: genetics@belbulba.by; <sup>2</sup> E-mail: E.Voronkova@igc.by

## **ИЗУЧЕНИЕ НАСЛЕДОВАНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ К ВИРУСАМ PVY И PVX У ПОТОМСТВА ИСХОДНЫХ ФОРМ КАРТОФЕЛЯ, ПОЛУЧЕННЫХ НА ОСНОВЕ СЛОЖНЫХ МЕЖВИДОВЫХ ГИБРИДОВ**

### **РЕЗЮМЕ**

*В статье изложены результаты исследований по выделению исходного материала картофеля с иммунитетом к X- и Y-вирусам и изучению характера наследования признака в гибридном потомстве. Полученные данные свидетельствуют о том, что все представленные в изучении образцы наследуют признак вирусоустойчивости в потомстве, а соотношение устойчивых к восприимчивым сеянцам соответствует предполагаемому характеру расщепления. Выделенные исходные формы картофеля могут быть использованы в качестве доноров устойчивости к вирусам X и Y.*

*Ключевые слова:* картофель, исходная форма, иммунитет, Y-вирус картофеля, X-вирус картофеля, ген устойчивости, наследование признака, гибрид, инокуляция.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Одной из самых серьезных причин, приводящих к большим потерям урожая и ухудшению его качества, являются широко распространенные вирусные болезни, ущерб от которых, по данным многих исследователей, может достигать до 90 %, а снижение содержания крахмала в клубнях доходить до 5,1 % абсолютных единиц [1, 2]. По степени наносимого ущерба наиболее вредоносным и в то же время самым распространенным во всем мире признан Y-вирус картофеля (PVY). Как показывают результаты наших исследований по мониторингу распространения в посадках картофеля вирусных болезней в различных районах Республики Беларусь для вируса Y этот показатель составляет 20,5–41,8 %, а для вируса X – 13,3–39,7 %, что является достаточно высоким значением.

Устойчивость картофеля к отдельным вирусам – ХВК (X-вирус картофеля) и YВК (Y-вирус картофеля) является генетически детерминированным признаком.

Наиболее экономически и экологически оправданным решением проблемы снижения вредоносности вирусов и ограничения их распространения в агробиоценозах является создание высокопродуктивных сортов с высокой устойчивостью к комплексу вирусной инфекции, основанной на генетически обусловленном характере наследования признака. Поэтому от наличия надежных генетических источников устойчивости к вирусным болезням во многом будет зависеть и долговечность сорта в производстве.

В арсенале современных селекционеров для создания вирусоустойчивых сортов накоплен разнообразный исходный материал картофеля с различной устойчивостью к вирусам. Из известных типов устойчивости к вирусам наибольшую ценность представляет иммунитет, который характеризуется невосприимчивостью растений к патогену.

Известно, что иммунитетом к Y-вирусу обладают некоторые формы диких видов: *S. stoloniferum*, *S. chacoense*, *S. andigenum*, *S. maglia*, *S. hougasii*. В настоящее время в селекции на этот признак используется три источника с генами иммунитета к PVY:  $Ry_{sto}$  от *S. stoloniferum* Schlecht. & Bché,  $Ry_{chc}$  от *S. chacoense* Bitt. [3] и  $Ry_{adg}$  от *S. tuberosum* ssp. *andigena* Hawkes [4]. Среди образцов видов *S. stoloniferum* и *S. hougasii* выделены формы, сочетающие иммунитет к вирусам A и Y [5, 6]. На широкий спектр генетической устойчивости дикого вида *S. stoloniferum* к потивирусам (Y, A, V) указывают J. Hinrichs-Berger и др. [7]. Крайняя устойчивость к вирусу Y обнаружена у сортов, происходящих от *S. andigenum*, у которого наследуемый признак контролируется одним доминантным геном.

По данным многих исследователей, иммунитет к X-вирусу обнаружен у видов *S. andigenum*, *S. acaule*, *S. chaucha*, *S. curtilobum*, *S. juzepczukii*, *S. sucrense*, *S. albicans*, *S. punae*, *S. schreiteri*, *S. tarijense*, *S. vernei* и др. [8–11].

Гены устойчивости от диких видов интродуцированы в межвидовые гибриды, а также в некоторые селекционные сорта. Интрогрессия ценных генов носителей различных групп генов от диких видов, контролирующих устойчивость ко многим патогенам, позволяет повысить уровень устойчивости в создаваемом новом исходном и селекционном материале картофеля.

В мировой практике достигнуты определенные успехи в создании иммунных к X- и Y-вирусам селекционных сортов картофеля. Так, на основе генетических источников иммунитета во многих странах созданы и районированы сорта картофеля, несущие доминантный ген крайней устойчивости к Y-вирусу  $Ry$ : Corine, Sante (Голландия), Bobr, Brda, Pilica, San, Ania, Baszta, Beata, Vzura, Fregata, Omulew (Республика Польша), Magyar Rosa, Szignal (Венгрия), Barbara, Bison, Cordia, Esta, Fanal, Forelle, Franzi, Heidrun, Pirol, Wega (Германия). Вышеперечисленные сорта (кроме Corine) получены на основе гибридов от *S. stoloniferum*, обладавших цитоплазматической мужской стерильностью. Их можно использовать только в качестве материнских форм [10, 14]. Ряд польских сортов картофеля иммунны к X-вирусу (Aksamitka, Anielka, Beata, Vzura, Klepa, Nimfy и др.) Образцы картофеля Warycz, Klepa,

Meduza и Omulew характеризуются полевой устойчивостью к S-вирусу, основанной на сверхчувствительной реакции [14].

Во ФГБНХ «ВНИИКХ им. А. Г. Лорха» на основе диких видов *S. chacoense* и *S. stoloniferum* и межвидовых гибридов в результате многолетней работы получены иммунные к Y-вирусу сорта картофеля: Пересвет, Никулинский, Брянский ранний, Голубизна, Эффект, Осень, Скороплодный, Ресурс, Сокольский, Юбилей Жукова и др. [12, 13].

В результате селекционной работы, проводимой с 1975 г. Е. М. Счасленок в лаборатории исходного материала РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству» совместно с Ж. В. Блоцкой (РНДУП «Институт защиты растений»), создан ряд исходных форм и доноров с иммунитетом к Y-, X-вирусам. С участием донора 2x76-9 селекционерами создан сорт Лазурит с высокой устойчивостью к мозаичным вирусам. Иммунные и высокоустойчивые к вирусным болезням исходные формы ежегодно передаются в лабораторию селекции для создания вирусоустойчивых сортов.

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. Также следует учитывать, что в селекции на устойчивость решающее значение имеет правильный выбор исходного материала, основанный на знании генетической природы данного типа устойчивости и закономерностей его наследования, что и определяет нашу цель исследований.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

В качестве материала для проводимых исследований послужили сложные межвидовые гибриды картофеля, созданные на основе следующих видов: *S. andigenum*, *S. chacoense*, *S. stoloniferum*, *S. acaule*, *S. verrucosum*, *S. ruginii*, которые были выделены в 2005–2015 гг. для использования в селекционных программах на вирусоустойчивость в качестве исходных форм. Для установления возможности использования этих форм в качестве доноров признака проводили изучение характера наследования в гибридных популяциях, полученных при скрещивании исходных форм картофеля с различными по устойчивости образцами-тестерами.

Для выявления и установления устойчивости образцов картофеля к вирусам проводили искусственное заражение штаммами вирусов в теплице путем механической инокуляции и методом прививок на растения-накопители вирусов.

### **Искусственное инфицирование штаммами вирусов в теплице.**

Для определения степени относительной устойчивости образцов картофеля к вирусам Y и X использовали метод искусственного инфицирования штаммами вирусов [15]. Устойчивость к Y-вирусу устанавливали путем искусственного

заражения в течение 2-х поколений из-за неравномерного и медленного размножения его в растениях картофеля.

Испытания проводили в условиях теплицы селекционно-гибридного модуля, подвергая растения искусственному заражению в ранней фазе их развития. Для инфицирования использовали по 3–5 растений каждого образца. Клубни высаживали в вазоны диаметром 10–18 см. Посадку проводили в апреле, высев растений-инфекторов и индикаторов – в конце февраля в климакамере. Растения-инфекторы высевали с таким расчетом, чтобы к моменту приготовления инокулюмов они накопили достаточную вегетативную массу и высокую концентрацию вирусов. В фазе 3–4 пар настоящих листьев их инокулировали соответствующими штаммами вирусов.

Для получения инокулюмов использовали обычный штамм X-вируса, который размножали и накапливали на растениях *Datura stramonium* L. (дурман обыкновенный) и три штамма Y-вируса ( $Y^0$ ,  $Y^N$ ,  $Y^{NTN}$ ), где накопителем служили растения *Nicotiana tabacum* L. (сорт Samsun). Инокулюм готовили путем растирания инфицированных листьев в фарфоровой ступке (при больших объемах использовали гомогенизатор). С целью стабилизации вирусов сок смешивали с фосфатным буфером pH 7,4 в соотношениях 1:1 для YVK и 1:2-5 для XVK. Присутствие буфера обеспечивает высокую ионную активность и способствует эффективному выделению вирусов из растительной ткани.

Техника заражения испытуемых растений вирусами заключалась в том, что суспензию вирусов втирали в поверхность листьев, предварительно опудренных карборундом, с помощью поролоновой губки размером 20×15×10 мм, а через 1–2 мин их смывали дистиллированной водой. После заражения растения притеняли на сутки. Из-за неравномерных всходов спустя неделю после инокуляции растения повторно инфицировали вирусами. Далее в течение вегетации проводили учет развития внешних симптомов поражения вирусными болезнями, а через 4–5 недель – иммуноферментный анализ на содержание исследуемых вирусов.

Оставшиеся свободными от заражения вирусами образцы продолжали испытывать для установления крайней степени устойчивости (иммунитета).

#### ***Заражение с помощью прививок (испытание на иммунитет).***

Прививка считается одним из самых эффективных экспериментальных способов заражения растений картофеля вирусами. Поэтому для окончательного установления типа устойчивости у исследуемых образцов картофеля к вирусам растения, показавшие отрицательные результаты при механической инокуляции, испытывали с помощью прививки. В наших исследованиях применяли преимущественно прививку «в расщеп». Для этого в качестве подвоя использовали: на Y-вирус инфицированные растения томата (сорт Невский) или табака (сорт Samsun), на X-вирус – дурман обыкновенный, а привоем служил исследуемый образец картофеля. Место прививки обматывали парафильмом, чтобы предохранить привой от увядания. Привитые растения ставили в затененное место на 2–3 суток. Через 5–6 недель проводили диагностику вирусов у привитых растений визуально по внешним симптомам вирусных

болезней и иммуноферментным методом. Иммуноферментный анализ проводили в лаборатории иммунодиагностики картофеля Центра.

Проведенные нами исследования показали, что при использовании в качестве подвоя растения дурмана, который является хорошим накопителем этого вируса, способствует более быстрому выявлению устойчивых образцов. Одним из преимуществ дурмана, как подвоя, является хорошая приживаемость прививок, и при хорошем развитии растений возможно размещение большего их количества, чем на растениях томата.

**ПЦР-анализ на наличие маркеров генов устойчивости к PVY.**

Осуществляли ПЦР-анализ на наличие в популяциях гибридов трех ДНК-маркеров к генам иммунитета к PVY. Это маркеры RYSC3 к гену  $Ry_{adg}$  [16], Yes3-3A к гену  $Ry_{sto}$  [17] и Ry-364 к гену  $Ry_{chc}$  [18].

Пробоподготовку экспериментальных образцов, выделение и очистку ДНК и ПЦР-анализ и визуализацию продуктов ПЦР проводили согласно рекомендациям [19]. Использовали следующие унифицированные (за исключением температуры отжига праймеров) для всех трех маркеров параметры для проведения ПЦР. Реакционная смесь объемом 20 мкл содержала: *Taq*-ДНК полимеразу (DIALAT, Москва) в количестве 1,0–1,25 ед. и аммонийный буфер для данной полимеразы 10× для ПЦР без  $MgCl_2$  в количестве 10 % от объема смеси;  $MgCl_2$  – 2,0 мМ; dNTP – 0,1 мМ; праймеры (прямой и обратный) по 0,40 мкМ (400 нМ); концентрация препарата ДНК в конечном объеме 150–200 нг; деионизированная вода в количестве, необходимом для доведения объема смеси до конечного. В случае амплификации с парой праймеров Yes3-3a в реакционную смесь добавляли ДМСО в количестве 1 мкл и увеличивали количество dNTP до 0,2 мМ.

Условия проведения ПЦР: денатурация 2 мин при 94 °С; 10 циклов по 40 сек при 94 °С, 40 сек при 60 °С и 60 сек при 72 °С; далее 30 циклов по 40 сек при 94 °С, 40 сек при температуре отжига праймеров и 60 сек при 72 °С; финальная элонгация в течение 5 мин при температуре 72 °С. Последовательности праймеров и температуры их отжига приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристика ПЦР-маркеров, использованных для идентификации генов иммунитета к PVY

Название гена	Название маркера (праймера)	Последовательность нуклеотидов от 5' к 3' концу	Температура отжига праймера, °С	Размер маркерного фрагмента
$Ry_{adg}$	ADG23 (RYSC3)F	AGGATATACGGCATCATTTTTCCG	56	321 п. н.
	3.3.3.s (RYSC3)R	ATACACTCATCTAAATTTGATGG		
$Ry_{sto}$	Yes3-3AF	ТААСТСААГСГГААТААССС	55	341 п. н.
	Yes3-3AR	ААТТСАСТГТТТАСАТГСТТСТТГТГ		
$Ry_{chc}$	Ry-364F	СТАТТАТААГТСТГГТАСТАГГАС	55	364 п. н.
	Ry-364R	ГГСТАТАТГТТСААТГААТТКАТГТАА		

Закономерности наследования устойчивости к ХВК и УВК определяли по критерию соответствия  $\chi^2$  (П. Ф. Рокицкий) [20].

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В результате проведенных исследований по созданию исходного материала картофеля, устойчивого к вирусам, были выделены перспективные гибриды с иммунитетом к У- и Х-вирусам и полевой устойчивостью к другим вирусным болезням. Созданные образцы, помимо вирусоустойчивости, характеризовались наличием комплекса хозяйственно ценных признаков – высокая продуктивность, хорошие морфологические показатели клубней, устойчивость к другим болезням. Лучшие из них были предложены для использования в качестве исходных форм в дальнейшей селекционной работе по созданию вирусоустойчивых сортов картофеля (табл. 2). Иммунитет одновременно к двум вирусам У и Х выявлен у гибридов: 73ху05-19, 32ху05-15, 36ху05-6, 1/2/5-2 и 80ху90-2, к У-вирусу – у образца 92ху00-2 и к Х-вирусу – 38ху05-4 и 2ху99-18. Из представленных в таблице следует отметить три образца: 36ху05-6, 2ху99-18, 80ху90-2, относящихся к среднепоздней и один – 38ху05-4 к поздней группе созревания, которые обладают относительно высокой устойчивостью (7 баллов) к фитофторозу листьев. Три гибрида – 73ху05-19, 38ху05-4 и 80ху90-2 имеют относительно высокий уровень устойчивости клубней к *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary. Большинство представленных исходных форм характеризуются средним уровнем содержания крахмала. Продуктивность у них находится на достаточно высоком уровне и составляет от 1104 до 1487 г/куст.

С целью изучения характера наследования признака вирусоустойчивости и возможности использования в селекционных программах в качестве доноров иммунитета к Х-, У-вирусам была проведена гибридизация иммунных исходных форм с образцами-тестерами.

Изучение гибридного потомства проведено в 28-ми комбинациях скрещиваний от выделенных 9-ти исходных форм, обладающих иммунитетом к Х- и/или У-вирусам.

Анализ полученных результатов показал, что наследование иммунитета к УВК у гибрида 92ху00-2 происходит под контролем одного доминантного гена  $R_u$  (по данным ПЦР маркирования это ген  $R_{u_{adg}}$  – маркер RYSC3), находящегося в дуплексном состоянии, а у образца 24ху99-1 аналогичный ген – в симплексном, что подтверждается данными расщепления (табл. 3). Определение ДНК-маркеров к генам устойчивости  $R_u$  проводили в лаборатории генетики картофеля ГНУ «Институт генетики и цитологии НАН Беларуси». Характер расщепления, соответствующий схеме 1:1 с восприимчивым и 3:1 с устойчивым родителем, указывает на то, что наследование устойчивости к ХВК у гибрида 2ху99-18 происходит под контролем гена иммунитета  $R_x$  (скорее всего это  $R_{x_{adg}} = R_x1$ ), находящегося в симплексном состоянии. Математическая обработка методом  $\chi^2$  (хи-квадрат) подтвердила соответствие полученных расщеплений теоретически ожидаемому.

Таблица 2 – Характеристика исходных форм картофеля по устойчивости к вирусам и основным хозяйственно полезным признакам, 2004–2015 гг.

Гибриды, стандарты	Происхождение	Группа спелости	Продуктивность, т/куст	Содержание крахмала, %	Устойчивость к вирусам						Устойчивость к фитофторозу, балл		
					иммунитет		балл устойчивости				листья	клубни	
					X	Y	X	Y	S	M			L
73ху05-19	Baszta×118ху97-9 (chc, adg, sto)	Среднеспелый	1346	17,1	I	I	9	9	9	7	9	5	7,4
32ху05-15	1300-1×118ху97-9 (sto, adg)	Среднепоздний	1426	16,9	I	I	9	9	9	7	9	5	6,7
36ху05-6	Barbara×118ху97-9 (chc, adg, acl)	Среднепоздний	1104	15,9	I	I	9	9	9	7	9	7	3,1
38ху05-4	PS 1703×21х91-12 (chc, acl, sto)	Поздний	1375	12,7	I	–	9	9	9	9	7	7	7,9
1/2/5-2	89ху97-14×46у01-2 (adg, ver, гyb, chc)	Среднеспелый	1227	16,9	I	I	9	9	5	7	9	3	4
92ху00-2	14х95-14×25ху80-25 (chc, adg, sto)	Среднепоздний	1180	14,6	–	I	9	9	7	7	9	6	5,1
2ху99-18	УУ.5×1х91-27 (adg, acl)	Среднепоздний	1487	15,7	I	–	9	9	7	9	9	7	4,8
80ху90-2	PW62 х5101-1	Среднепоздний	1250	16,5	I	I	9	9	9	9	–	7	8,3

Примечание. I – иммунитет; adg – *S. andigenum*; chc – *S. chcsaense*; sto – *S. stoloniferum*; acl – *S. acaule*; ver – *S. verrucosum*; гyb – *S. ruginii*.

Таблица 3 – Наследование устойчивости исходных форм картофеля в анализируемых скрещиваниях, 2005–2015 гг.

Гибридная комбинация	Происхождение	Оценка устойчивости к вирусу	Количество семян, шт.	Отношение устойчивых семян к восприимчивым			χ <sup>2</sup>	Р	Предполагаемый генотип
				наблюдаемое	теоретически ожидаемое				
					кратное	на п			
18ксу	92ху00-2×Дельфин	УВК	47	40:7	39,17:7,83	5:1	0,11	0,75	2Ry2гу
59ксу	92ху00-2×128-6*	УВК	22	20:2	20,625:1,375	15:1	0,3	0,5	2Ry2гу
256ксу	92ху00-2×6856-1	УВК	44	36:8	36,67:7,33	5:1	0,07	0,75	2Ry2гу
103ксу12	73ху05-19×128-6	УВК	47	30:17	35,3:11,7	3:1	3,197	0,07	1Ry3гу
141ксу12	73ху5-19×ValleyBoга	УВК	39	21:18	19,5:19,5	1:1	0,23	0,65	1Ry3гу
123ксу12	73ху05-19×Уладар	УВК	41	23:18	20,5:20,5	1:1	0,61	0,45	1Ry3гу



РАЗДЕЛ 2. ГЕНЕТИКА КАРТОФЕЛЯ

Окончание таблицы 3

Гибридная комбинация	Происхождение	Оценка устойчивости к вирусу	Количество сеянцев, шт.	Отношение устойчивых сеянцев к восприимчивым			$\chi^2$	Р	Предполагаемый генотип
				наблюдаемое	теоретически ожидаемое	рассчитанное на n			
49кx12	Бриз×32ху05-15	УВК	39	19:20	19,5:19,5	1:1	0,026	0,9	1Ry3гу
52кx12	Лазарь×32ху05-15	УВК	27	14:13	13,5:13,5	1:1	0,038	0,85	1Ry3гу
48кx12	Ласунок×32ху05-15	УВК	20	11:9	10,0:10,0	1:1	0,2	0,65	1Ry3гу
70у09	1/2/5-2×Уладар	УВК	31	24:7	23,3:7,7	3:1	0,084	0,75	2Ry2гу
106у09	1/2/5-2×Бриз	УВК	31	24:7	23,3:7,7	3:1	0,084	0,75	2Ry2гу
151у09	1/2/5-2×Конго	УВК	38	28:10	28,5:9,5	3:1	0,034	0,85	2Ry2гу
21кxу	24ху99-1×Дельфин	УВК	39	30:9	29,25:9,75	3:1	0,08	0,75	1Ry3гу
227кxу	24ху99-1×7ху97-3	УВК	30	15:15	15:15	1:1	0	1	1Ry3гу
96ху13	36ху05-6×128-6	УВК	40	30:10	30:10	3:1	0	1	1Ry3гу
79ху13	36ху05-6×Бриз	УВК	39	21:18	19,5:19,5	1:1	0,24	0,5-0,75	1Ry3гу
158ху13	36ху05-6×Манifest	УВК	40	22:18	20:20	1:1	0,4	0,5-0,75	1Ry3гу
96ху13	36ху05-6×128-6	ХВК	40	34:6	33,5:6,5	5:1	0,05	0,45	2Rx2гx
79ху13	36ху05-6×Бриз	ХВК	39	33:6	32,2:6,8	5:1	0,13	0,7	2Rx2гx
158ху13	36ху05-6×Манifest	ХВК	40	34:6	33,5:6,5	5:1	0,05	0,45	2Rx2гx
1х13	38ху05-4×Лилея	ХВК	39	21:18	19,5:19,5	1:1	0,24	0,5-0,75	1Rx3гx
159х13	38ху05-4×Манifest	ХВК	39	18:21	19,5:19,5	1:1	0,24	0,5-0,75	1Rx3гx
80х13	38ху05-4×Бриз	ХВК	40	23:17	20:20	1:1	0,9	0,25-0,5	1Rx3гx
9ху02	80ху90-2×Дельфин	ХВК	37	20:17	18,5:18,5	1:1	0,24	0,5-0,75	1Rx3гx
28х02	80ху90-2×Белуга	ХВК	26	14:12	13:13	1:1	0,15	0,5-0,75	1Rx3гx
74кxх	2ху99-18×128-6	ХВК	40	28:12	30:10	3:1	0,53	0,5-0,25	1Rx3гx
75кxх	2ху99-18×Нептун	ХВК	19	8:11	9,5:9,5	1:1	0,47	0,5	1Rx3гx
76кxх	2ху99-18×Дельфин	ХВК	40	32:8	30:10	3:1	0,53	0,5-0,25	1Rx3гx

Примечание. Критический уровень значения  $\chi^2$  при dП для порога достоверности  $P_{0,05}$  является 3,841.

\* Образец иммунен к УВК.

Таким образом, гибриды 92ху00-2 и 24ху99-1 могут быть использованы в селекции как доноры устойчивости к Y-вирусу, а гибрид 2ху99-18 – в качестве донора иммунитета к X-вирусу.

Определение передачи устойчивости гибрида 80ху90-2 к X-вирусу проводили в двух семьях, а образца 38ху05-4 – в трех популяциях от анализирующих скрещиваний. Характер расщепления 1:1 и достоверное его подтверждение методом  $\chi^2$  указывает на то, что наследование иммунитета к ХВК у этих двух образцов находится под контролем одного доминантного гена Rх (см. табл. 3). Гибриды 80ху90-2 и 38ху05-4 могут быть использованы как доноры устойчивости к X-вирусу картофеля. Расщепление у гибридного потомства по устойчивости к X-вирусу в трех комбинациях скрещивания исходной формы 36ху05-6 с образцами-тестерами показало соотношение устойчивых к восприимчивым сеянцам кратное 5:1, что соответствует наличию у него двойной дозы гена (дуплекс – 2Rх2гх). Изучение характера расщепления у этой формы по устойчивости к Y-вирусу указывает на наличие гена Rу, находящегося в симплексном состоянии, что соответствует генотипу 1Rу3гу. Соотношение 3:1 устойчивых сеянцев к восприимчивым получено при скрещивании образца 36ху05-6 с иммунной к YВК формой 128-6.

Определение типа наследования устойчивости к вирусу Y образца 1/2/5-2 проведено в потомстве трех гибридных популяций.

Анализ характера расщепления в потомстве гибрида 1/2/5-2 показал, что наследование иммунитета к YВК у него происходит под контролем одного доминантного гена Rу, находящегося в дуплексном состоянии, или возможно двух различных генов (по данным ДНК-маркирования образец имеет один маркер Rу364 к гену Rу<sub>chc</sub> и RYSC3 к гену Rу<sub>adg</sub>), на что указывают данные расщепления. Математическая обработка методом  $\chi^2$  подтвердила соответствие полученных расщеплений теоретически ожидаемому. Так, гибрид 1/2/5-2 может быть использован в селекции как донор устойчивости к Y-вирусу.

Изучение гибридного потомства в 6-ти комбинациях скрещиваний с исходными формами 73ху05-19 и 32ху05-15, обладающих иммунитетом к Y-вирусу, позволило установить, что наследование иммунитета к YВК у них происходит под контролем одного доминантного гена Rу (образец 73ху05-19 содержит маркер Yes3-3а к гену Rу<sub>sto</sub>, а 32ху05-15 – маркер RYSC3 к гену Rу<sub>adg</sub>), находящегося в симплексном состоянии, что соответствует данным расщепления устойчивых генотипов к восприимчивым в соотношении 1:1 и подтверждается результатами математической обработки методом  $\chi^2$  на соответствие полученных расщеплений теоретически ожидаемому. Следовательно, гибриды 73ху05-19 и 32ху05-15 могут быть использованы в селекции как доноры устойчивости к Y-вирусу.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований выделено 8 исходных форм картофеля с иммунитетом к Y- и/или X-вирусам, обладающих достаточно высокой

продуктивностью, устойчивостью к другим вирусам, хорошими морфологическими показателями клубней. Образцы 36ху05-6, 38ху05-4, 2ху99-18 и 80ху90-2 также обладают высокой устойчивостью к фитофторозу ботвы.

Данные, полученные в результате изучения характера наследования вирусостойчивости исходных форм 38ху05-4, 2ху99-18 и 80ху90-2 в потомстве, позволили установить, что иммунитет к X-вирусу картофеля у них происходит под контролем одного доминантного гена R<sub>x</sub>, находящегося в симплексном состоянии.

Изучение расщепления гибридного потомства по устойчивости к Y-вирусу показало, что наследование иммунитета к Y-вирусу у образцов: 73ху05-19, 32ху05-15 и 24ху99-1 находится под контролем одного доминантного гена R<sub>y</sub> в симплексном состоянии, у образца 92ху00-2, судя по характеру расщепления, ген R<sub>y<sub>adg</sub></sub> находится в двойной дозе, у формы 1/2/5 возможно наличие двух независимых генов R<sub>y<sub>adg</sub></sub> и R<sub>y<sub>chc</sub></sub> или одного R<sub>y<sub>adg</sub></sub> в дуплексном состоянии.

По передаче потомству признака устойчивости к двум вирусам Y и X выделилась исходная форма 36ху05-6, у которой ген R<sub>y</sub> находится в симплексном состоянии, а ген R<sub>x</sub> – в дуплексном, что подтверждается соответствием полученных расщеплений теоретически ожидаемым.

Таким образом, выделенные исходные формы картофеля могут быть использованы в селекционных программах как доноры иммунитета к Y- и X-вирусам.

### Список литературы

1. Сорока, С. В. Вирусы и вирусные болезни сельскохозяйственных культур / С. В. Сорока, Ж. В. Блоцкая, В. В. Вабищевич; под ред. Р. В. Гнутова. – Несвиж: – Несвиж. укруп. тип., 2009. – 129 с.
2. Русецкий, Н. В. Зависимость проявления хозяйственных признаков картофеля от вирусной инфекции / Н. В. Русецкий // Изв. Нац. акад. наук Беларуси. Сер. аграр. наук. – Минск, 2006. – № 5. – С. 146–148.
3. New potato variety «Konafubuki» / K. Asama [et al.] / Bull. Hokkaido Pref. Agr. Exp. Stn. 48: –1982. – P. 75–84.
4. Munoz, F. J. Resistance to potato virus Y in *Solanum tuberosum* sub. *andigena* / F. J. Munoz, R. L. Plaisted., H. D. Thurston // Am. Potato J. – 1975. – Vol. 52. – P. 107–115.
5. Singh, R. P. A novel hypersensitive resistance response against potato virus A in cultivar «Shepody» / R. P. Singh, X. Nie, G. C. C. Tai // Theor Appl Genet. – 2000. – Vol. 100. – P. 401–408.
6. Яшина, И. М. Создание и генетическая оценка нового исходного материала картофеля и эффективные пути его использования в селекции: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.01.05 / И. М. Яшина; ВНИИКХ. – М., 2000. – 68 с.
7. Hinrichs-Berger, J. Early selection for extreme resistance to potato virus Y and tobacco etch virus in potato using a B-glucuronidase-tagged virus / J. Hinrichs-Berger, H. Junghans, H. Buchenauer // Plant Breeding. – 2000. – Vol. 119. – P. 319–323.

8. Будин, К. З. Генетические основы селекции картофеля / К. З. Будин. – Л.: Агропромиздат, Ленингр. отд-ние, 1986. – С. 192.
9. Букасов, С. М. Селекция и семеноводство картофеля. / С. М. Букасов, А. Я. Камераз. – Л.: Колос, 1972. – С. 359.
10. Росс, Х. Селекция картофеля. Проблемы и перспективы / Х. Росс; пер. с англ. – М.: Агропромиздат, 1989. – С. 183.
11. Analysis of the Resistance-Breaking Determinants of Potato virus (PVX) Strain HB on Different Potato Genotypes Expressing Extreme Resistance to PVX / M. Querci [et al.] // *Phytopathology*. – 1995. – Vol. 85, № 9. – P. 1003–1010.
12. Яшина, И. М. Оценка эффективности использования исходного материала картофеля по результатам селекционной работы на устойчивость к вирусам и фитофторе / И. М. Яшина, Н. П. Складорова, Е. А. Симаков // Докл. РАСХН. – 1998. – № 5. – С. 5–9.
13. Блоцкая, Ж. В. Устойчивость картофеля к вирусным болезням и ее роль в системе защитных мероприятий // Защита растений: сб. науч. тр. / Белорус. НИИ защиты растений. – Минск, 2000. – Вып. XXV. – С. 122–129.
14. Chrzanowska, M. Krancowa odpornosc na wirusy Y i X ziemniaka oraz polowa odpornosc na wirus S ziemniaka w polskich odmianach ziemniaka / M. Chrzanowska // *Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji roslin*. – 2000. – № 214. – P. 231–238.
15. Методические указания по созданию и оценке селекционного материала картофеля на устойчивость к штаммам вирусов / сост. А. Л. Амбросов [и др.] / БелНИИЗР, БелНИИКПО. – М., 1983. – 16 с.
16. Development of SCAR markers to the PVY resistance gene  $Ry_{adg}$  based on a common feature of plant disease resistance genes / K. Kasai [et al.] // *Genome*. – 2000. – Vol. 43. – P. 1–8.
17. Song, Ye-Su. Development of STS markers for selection of extreme resistance ( $Ry_{sto}$ ) to PVY and maternal pedigree analysis of extremely resistant cultivars / Ye-Su Song, A. Schwarzfischer // *Am. J. Pot. Res.* – 2008. – Vol. 85. – P. 159–170.
18. Germplasm release: Saikai 35, a male and female fertile breeding line carrying *Solanum Phureja*-derived cytoplasm and potato cyst nematode resistance (*HI*) and potato virus Y resistance ( $Ry_{chc}$ ) genes / K. Mori [et al.] // *Am. J. Pot Res.* – 2012. – Vol. 89. – P. 63–72. DOI 10.1007/s12230-011-9221-4.
19. 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.] / Право и экономика: Минск: Право и экономика, 2016. – 55 с.
20. Рокицкий, П. Ф. Биологическая статистика / П. Ф. Рокицкий. – 3-е изд., испр. – Минск: Вышэйшая школа, 1973. – 320 с.

Поступила в редакцию 10.11.2017 г.

N.V. RUSETSKIY, E. V. VORONKOVA

**RESISTANCE RESEARCH TO PVY AND PVX INVESTIGATION  
IN THE ORIGINAL FORMS POTENTIAL OF POTATOES  
OBTAINED ON COMPLEX INTERSPECIFIC HYBRIDS**

**SUMMARY**

*The research results on selection of initial material of potatoes with immunity to PVX and PVY and studying the nature of inheritance of the trait in the hybrid offspring are presented in the article. The obtained data indicate that all the samples presented in the study inherit a sign of virus resistance in the offspring, and the ratio of resistant to susceptible seedlings corresponds to the assumed character of the segregation. The isolated initial forms of potatoes can be used as donors of resistance to PVX and PVY.*

*Key words:* potatoes, initial form, immunity, PVY, PVX, resistance gene, trait inheritance, hybrid, inoculation.

УДК 635.21:631.527.5(476)

**Г. А. Яковлева<sup>1</sup>, Т. В. Семанюк<sup>2</sup>, А. В. Кондратюк<sup>2</sup>,  
Д. В. Башко<sup>2</sup>, И. А. Родькина<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>УО «Белорусский государственный медицинский университет»

<sup>2</sup>РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук

Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству»,

аг. Самохваловичи, Минский район

E-mail: safto@rambler.ru

## **СЕЛЕКЦИЯ ГЕНЕРАТИВНОГО ПОТОМСТВА СОМАТИЧЕСКИХ ГИБРИДОВ И СОЗДАНИЕ НОВЫХ ИСХОДНЫХ ФОРМ КАРТОФЕЛЯ**

### **РЕЗЮМЕ**

*В статье представлены результаты предселекции соматических гибридов с североамериканскими видами *S. bulbocastanum* и *S. polyadenium* и полученного на их основе генеративного потомства с целью создания фитофтороустойчивых исходных форм картофеля.*

*Ключевые слова:* картофель, межвидовые соматические гибриды, генеративные поколения, устойчивость, фитофтороз, YVK, молекулярное маркирование.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Североамериканские виды *Solanum bulbocastanum* (blb) и *S. polyadenium* (pld) отличает устойчивость к фитофторозу и практическая недоступность для половой гибридизации с *S. tuberosum* (tbr) [1]. Данная особенность присуща дикорастущим видам картофеля с балансовым числом эндосперма (EBN) равным 1. Наличие пред- и постзиготных барьеров и различие в уровне функциональной ploидности, определяемой EBN, препятствуют прямому переносу генов из диких видов в *S. tuberosum*. Создание исходного материала с ценными признаками от диких видов *Solanum* для расширения генетических возможностей селекции картофеля возможно путем соматической гибридизации [2]. Межвидовые соматические гибриды картофеля с североамериканскими видами получены: pld – в научных лабораториях Польши [3]; blb – США [4, 5], Чешской Республики [6], Италии [7], Румынии и Германии [8]; pld и blb – в РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству» [9].

Однако при соматической гибридизации существует проблема с фертильностью соматических гибридов и их способностью к генерации жизнеспособного потомства при скрещиваниях с культурным картофелем [2, 10, 11]. Примеры успешного создания соматических гибридов картофеля с blb, скрещиваемых с tbr-4х и наличием ценных для селекции культуры целевых

признаков, описаны S. Austin с коллегами в 1993 г. (устойчивость к нематодe *Meloidogyne chitwoodi*) [4] и J. P. Helgeson и др. в 1998 г. (устойчивость к фитофторозу) [5]. Нами получены фертильные соматические гибриды картофеля с pld, скрещиваемые с tbr-4x [9].

Несмотря на привлекательность соматической гибридизации, создание сортов растений, полученных на основе соматических гибридов, остается очень редким явлением. В обзоре Johnson и Veilleux (2001 г.) представлена информация о сорте табака Delfield, производном от продукта слияния протопластов *Nicotiana tabacum* и *N. rustica* [10].

В 2013 г. появилось сообщение о создании в Южной Корее, по-видимому, первого сорта картофеля Jeseo, созданного на основе соматического гибрида HBS5 между сортом картофеля Dejima и образцом PI 218228 вида *S. brevidens* (brd) [12].

Целью проводимых нами исследований было создание фитофтороустойчивых исходных форм картофеля путем селекции генеративных поколений соматических гибридов с *S. bulbocastanum* и *S. polyadenium*.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Объекты исследований – соматические гибриды картофеля и их генеративные поколения.

Исходные комбинации слияния протопластов:

- 1) SB – 78563-76 (tbr-4x) + blb;
- 2) DL – ЛДГ (дигамплоид сорта Ласунок) + blb;
- 3) F – 78563-76 (tbr-4x) + pld.

В экспериментах были использованы следующие генеративные поколения соматических гибридов: для комбинации SB – первое – четвертое поколения; для комбинаций DL и F – первое – третье поколения; для комбинации SBF (производная от SB и F) – первое генеративное поколение.

Оценка фертильности соматических гибридов, условия проведения скрещиваний и результаты проращивания гибридных семян с генерацией жизнеспособных гибридов описаны ранее [13].

Условия и способы оценки фенотипического проявления признаков устойчивости к болезням изложены в предыдущих публикациях: к Y-вирусу картофеля [14], к фитофторозу ботвы в условиях искусственного и естественного фонов [15, 16] и фитофторозу клубней [16].

Содержание сухого вещества в клубнях картофеля определено термостатно-весовым методом с последующим пересчетом на крахмал [17].

Для выявления генетических детерминант диких видов (*S. bulbocastanum*, *S. demissum*) в генеративных поколениях соматических гибридов картофеля использовали ДНК-маркеры, представленные в таблице 1.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Полученные нами соматические гибриды (SH) комбинаций слияния SB, F, DL в первые годы не удавалось вовлечь в скрещивания по схемам SH×tbr-4x

Таблица 1 – ДНК-маркеры R-генов

Маркер	R-гены	Вид <i>Solanum</i>
Sblb	–	<i>S. bulbocastanum</i>
RB <sub>(638)</sub> , Blb1-820	<i>Rpi-blb1</i>	<i>S. bulbocastanum</i>
Blb2	<i>Rpi-blb2</i>	<i>S. bulbocastanum</i>
Blb3	<i>Rpi-blb3</i>	<i>S. demissum</i> , <i>S. bulbocastanum</i>
R1-1250	<i>R1</i>	<i>S. demissum</i>
R3b-378	<i>R3b</i>	<i>S. demissum</i>

Примечание. Таблица составлена на основании [18, 19]

и tbr-4x×SH. В дополнение к целенаправленному скрещиванию использовали свободное опыление соматических гибридов в полевых условиях с целью повышения вероятности получения генеративного поколения. Преодолеть стерильность удалось через четыре года клубневого репродуцирования соматических гибридов [2]. Жизнеспособные гибриды генеративного поколения получены как от скрещивания по схеме SH× tbr-4x, так и от свободного опыления (F1). Спонтанное завязывание ягод с получением первого полового поколения отмечено для 21 гибрида, в том числе по комбинациям: F – 2, SB – 7 и DL – 12 [20]. Жизнеспособные гибриды BC1 получены для 10 соматических гибридов 3-х комбинаций слияния протопластов (табл. 2).

На следующем этапе была определена устойчивость к фитофторозу сеянцев первого года при искусственном заражении. Проведен отбор выживших после искусственного заражения гибридов по устойчивости к фитофторозу ботвы на естественном фоне и клубней при искусственном заражении (табл. 3).

Для гибридов первого полового поколения наибольшее количество устойчивых форм к фитофторозу по ботве и клубням отмечено среди потомства комбинации SB (35 гибридов). Значительно меньше было выделено устойчивых форм среди потомства комбинации DL (5 гибридов). Ни один из образцов комбинации F не соответствовал критериям отбора на устойчивость по ботве и клубням.

Наблюдение за гибридами первого полового поколения комбинации SB позволило выделить образец Sp1-37, отличающийся привлекательной формой клубней и средней массой клубней с куста 1130 г. В комбинации F особого внимания заслуживает соматический гибрид F17, характеризующийся неплохими

Таблица 2 – Результативность скрещиваний по схеме SH×tbr-4x

Комбинация слияния	Соматические гибриды		BC1 соматических гибридов			Сеянцы, шт.
			Семена, шт.			
	всего, шт.	результативные	в ягоде min – max	получено	высеяно ( <i>in vitro</i> + <i>in vivo</i> )	
F	4	3	5–285	6670	2453	940
SB	20	5	3–50	560	560	356
DL	17	2	1–1	4	4	2



РАЗДЕЛ 2. ГЕНЕТИКА КАРТОФЕЛЯ

Таблица 3 – Устойчивость к фитофторозу генеративных поколений соматических гибридов, 2002–2016 гг.

Половое поколение соматических гибридов	Характеристика межвидовых гибридов картофеля по устойчивости к фитофторозу						Отобрано гибридов (7–9 баллов по ботве и клубням)	Выделено исходных форм
	ботвы при искусственном заражении (защищенный грунт)		ботвы на естественном инфекционном фоне		клубней при искусственном заражении			
	всего, шт.	7–9 баллов	всего, шт.	7–9 баллов	всего, шт.	7–9 баллов	количество, шт.	
<b>Комбинации SB</b>								
Первое	410	135	389	178	118	96	35	0
Второе	4236	1226	328	76	105	64	23	6
Третье	3115	1940	977	295	110	80	27	10
Четвертое*	1747	1099	389	68	45	28	11	1
<b>Комбинации DL</b>								
Первое	56	32	56	8	36	25	5	0
Второе	3125	1187	221	89	9	1	1	0
Третье	1784	921	285	93	4	3	2	0
<b>Комбинации F</b>								
Первое	771	86	210	11	28	6	0	0
Второе	623	321	62	7	3	3	1	0
<b>Комбинации SBF</b>								
Первое	1409	967	173	54	26	16	12	2

\* В четвертом половом поколении соматических гибридов комбинации SB к настоящему времени проанализированы 7 из 62 комбинаций.

показателями по элементам урожая (800 г/куст) и формой клубня культурного типа (близкой к родительской форме 78563-76). В стремлении объединить желаемые признаки и генетические детерминанты трех видов (*tbr*, *blb* и *pld*) в одном генотипе проведено скрещивание Sp1-37×F17 (комбинация обозначена SBF). Материнская форма Sp1-37 – один из гибридов от свободного опыления соматического гибрида SB6-7 (78563-76 + *blb*), а отцовская – соматический гибрид F17 (78563-76 + *pld*). Два сеянца комбинации SBF проявили устойчивость к фитофторозу при искусственном заражении. В условиях естественного инфекционного фона в комбинации SBF выделен гибрид 711-42, обладающий женской фертильностью, средней массой клубней с куста 1300 г, устойчивостью к фитофторозу в пределах 5–7 баллов по ботве и 5–9 баллов – по клубням. Первое половое поколение SBF получено от скрещиваний гибрида 711-42 с селекционными образцами.

В первом половом поколении комбинаций SB, F, DL не удалось выделить гибриды, соответствующие требованиям, предъявляемым к исходной форме картофеля по комплексу хозяйственно ценных признаков. Гибриды первого полового поколения имели ряд нежелательных «дикарских» признаков, для

избавления от которых необходимы были дальнейшие скрещивания с культурным картофелем.

Отцовские формы отбирали с учетом следующих показателей:

а) фертильность; б) продуктивность; в) товарный вид клубней; г) раннее формирование урожая; д) повышенное содержание крахмала в клубнях. Для получения более раннеспелых генотипов использовали ранние и среднеранние сорта Бриз, Уладар, Фальварак, Манифест и гибриды ранней группы спелости. Для создания более крахмалистого потомства в гибридизацию включали формы с повышенным содержанием крахмала: Атлант, Сузорье, Максимум, Маг. Среди использованных в экспериментах 43 опылителей как наиболее перспективные зарекомендовали себя 11 (Уладар, Манифест, 002341-84, Дубрава, Рагнеда, 88.34/14, 95ху-4, Атлант, Максимум, Веснянка, Маг).

Получение второго полового поколения от соматических гибридов комбинации DL оказалось более сложной задачей, чем для комбинаций SB и F. Гибриды BC1 (DL4-15 и DL4-18) формировали ягоды без семян. Второе половое поколение гибридов DL получено при использовании в качестве материнской формы гибридов от свободного опыления (F1) соматического гибрида DL4-19. Ягоды с полноценными семенами получены в 23 из 76 выполненных комбинаций скрещиваний [21].

Во втором и третьем половых поколениях соматических гибридов с североамериканскими видами прослеживалась тенденция увеличения фертильности полученных межвидовых гибридов (табл. 4).

Генеративные поколения соматических гибридов комбинаций SB и DL получены в течение 2000–2016 гг., в том числе: первое половое поколение

Таблица 4 – Характеристика фертильности половых поколений соматических гибридов

Половое поколение соматических гибридов	Ягоды, шт.	Показатели фертильности отдаленных межвидовых гибридов при половой гибридизации в направлении МВГ <sub>SH</sub> × tbr-4x			
		Бессемянные ягоды, %	Количество семян в ягоде, шт.	Всхожесть семян, %	
				защищенный грунт	<i>in vitro</i>
SB: tbr-4x + blb					
Первое	33	30	24,3	–	63,0
Второе	59	45	46,3	55,0	72,0
Третье	100	3	47,3	58,0	–
DL: tbr-2x + blb					
Первое	43	95	1	–	100
Второе	63	9,5	94,0	40,0	–
Третье	91	0	37,0	53,0	–
F: tbr-4x + pld					
Первое	89	3,3	77,6	38,0	76,0
Второе	24	0,0	45,3	37,0	–
Третье	92	0,0	122,1	67,0	–

Примечание. МВГ<sub>SH</sub> – межвидовой гибрид на генетической основе соматического гибрида.

(14 комбинаций) – 2000–2004 гг.; второе (47 комбинаций) – 2003–2008 гг.; третье (51 комбинация) – 2006–2012 гг.; четвертое – 2011–2016 гг. (62 комбинации). Генеративные поколения комбинации F получены в 2006–2015 гг. (14 комбинаций первого поколения – в 2006–2009 и 2012 гг., 9 второго – в 2011–2013 гг., 17 третьего – в 2013 и 2015 гг.); комбинации SBF – 2009–2016 гг. (8 комбинаций первого – в 2009, 2011 и 2016 гг., 41 второго – 2013–2016 гг.).

Доля генотипов, устойчивых к фитофторозу ботвы на естественном фоне, варьировала в первом – третьем половых поколениях от 5,2 % для первого полового поколения комбинации F до 45,8 % для первого полового поколения комбинации SB. В четвертом половом поколении комбинации SB доля таких генотипов составила 17,5 % гибридов для 7-ми проанализированных комбинаций (см. табл. 3) из 62 созданных. По предварительным данным доля устойчивых генотипов к фитофторозу ботвы на естественном фоне составляет не менее 50 % для пятого полового поколения комбинации SB и не менее 40 % для четвертого – комбинации DL (данные не представлены).

Доля генотипов, устойчивых к фитофторозу клубней, варьировала в первом – третьем половых поколениях от 21,4 % для первого полового поколения комбинации F до 81,3 % для первого полового поколения комбинации SB. В четвертом половом поколении комбинации SB доля генотипов, устойчивых к фитофторозу клубней, составила 62,2 % (см. табл. 3). Следует отметить, что некоторые комбинации половых поколений, представленные в таблице, прошли необходимые оценки и отборы частично. Выделение исходных форм будет продолжено: для комбинаций третьих и четвертых половых поколений SB, комбинаций четвертого полового поколения DL, комбинаций первых и вторых половых поколений SBF.

По результатам предселекционной проработки половых поколений соматических гибридов картофеля с североамериканским видом *S. bulbocastanum* выделены 19 фитофтороустойчивых исходных форм картофеля, отобранных в половых поколениях комбинации SB со второго по четвертое половое поколение и в первом – комбинации SBF (табл. 5).

Наличие генетического материала *S. bulbocastanum* в половых поколениях соматических гибридов SB первоначально выявлено по электрофоретическим профилям белков клубней и изозимов фермента пероксидазы из растений *in vitro* [13, 22], затем с видоспецифичным ДНК-маркером SCAR-Sblb. Ампликон blb был выявлен в первом, втором и третьем половых поколениях гибридов комбинации SB, включая отобранные для скрещиваний с tbr-4x формы Sc5-19, Sc5-22, Sc6-87 – перспективный для селекции на устойчивость к фитофторозу исходный материал (501-17, 815-86, 815-94, 815-95, 816-6, 901-15) и исходные формы картофеля, представленные нами ранее [21].

Все проанализированные соматические гибриды комбинации SB проявили устойчивость к YVK [15], которая сохранилась у значительной части их генеративных поколений с первого по третье. Наблюдаемая устойчивость

Таблица 5 – Характеристика исходных форм картофеля, выделенных в половых поколениях соматических гибридов комбинаций SB: tbr-4x + blb и SBF по хозяйственно ценным признакам, 2007–2016 гг.

Образец	Группа спелости	Устойчивость к УВК	Наличие маркеров генов устойчивости к фитофторозу	Устойчивость к фитофторозу, средний балл		Средняя масса клубней, г/куст	Среднее содержание крахмала, %
				ботва	клубни		
МВГ <sub>SB</sub> (tbr, blb)							
501-17	Среднепоздний	Высокая устойчивость	B1b1, RB, B1b2	7,3	8,2	1380	16,3
503-16*	Среднепоздний	Иммунитет	–	7,9	5,6	1310	15,3
503-22	Среднепоздний	Иммунитет	B1b1, RB, B1b3, R1	7,0	9,0	990	20,9
503-55	Среднепоздний	Иммунитет	B1b1, RB	5,4	9,0	1340	18,5
503-58*	Среднепоздний	Высокая устойчивость	RB	7,0	9,0	940	19,5
429-2*	Среднепоздний	Высокая устойчивость	RB	7,7	9,0	1200	15,0
815-59	Среднепоздний	Иммунитет	B1b1, R3b	6,6	7,0	830	19,2
815-86	Среднепоздний	Устойчивый	B1b1, R3b	7,0	9,0	800	17,1
815-99	Среднепоздний	Иммунитет	B1b1, RB	6,4	7,2	1240	17,3
901-15	Среднепоздний	Сверхчувствительность	B1b1, B1b2, B1b3, R1, R3b	7,1	7,9	960	19,7
901-25	Поздний	Не выполняли	B1b1, R3b	7,4	6,4	860	17,6
910-10	Среднепоздний	Не выполняли	B1b1, B1b2, B1b3, R1, R3b	6,0	7,9	880	19,3
815-95	Среднепоздний	Сверхчувствительность	B1b1, R3b	6,4	8,6	830	17,4
912-14	Среднепоздний	Не выполняли	B1b1, R1, R3b	6,6	9,0	900	18,4
912-28	Поздний	Не выполняли	B1b1, B1b3, R1, R3b	6,6	8,2	1030	18,7
917-3	Среднепоздний	Сверхчувствительность	R3b	6,2	8,5	950	19,5
201120-10	Среднепоздний	Не выполняли	B1b1, B1b3	5,7	5,0	1110	22,1
МВГ <sub>SBF</sub> (tbr, blb, pld)							
001124-4	Среднепоздний	Не выполняли	Не выполняли	7,3	6,0	1150	20,7
001125-85	Среднепоздний	Не выполняли	Не выполняли	5,1	6,6	1010	22,7

\* Образцы проанализированы по одному маркеру – RB<sub>638</sub>

может быть связана с высокой устойчивостью к Y-вирусу образца Sb вида *S. bulbocastanum* [14], использованного в соматической гибридизации.

Первые данные о наличии в геноме соматических гибридов комбинации SB R-генов устойчивости к фитофторозу (RB от *S. bulbocastanum* и R1 от 78563-76) получены с использованием SCAR-маркеров в лаборатории ДНК-маркеров растений ВНИИСХБ (г. Москва) [16]. В последующих экспериментах положительный ответ с маркером RB<sub>638</sub> на ген *Rpi-blb1* получен для 85 из 138 генотипов первого – третьего генеративных поколений соматических гибридов с *S. bulbocastanum* [23]. Доля гибридов с устойчивостью ботвы и наличием маркера RB<sub>638</sub> составила 42 %, клубней – 87 %. Устойчивые к фитофторозу образцы без маркера RB<sub>638</sub> были обнаружены среди линий *S. bulbocastanum* и в половом потомстве соматических гибридов.

В 2016 г. выполнены исследования по молекулярному маркированию 14-ти генотипов генеративных поколений соматических гибридов на наличие генов устойчивости к фитофторозу (включая 3 гена: *Rpi-blb1*, *Rpi-blb2*, *Rpi-blb3* из *S. bulbocastanum* и два *R1*, *R3b* из *S. demissum*).

Локусы устойчивости к *Ph. infestans* (от одного: 429-2, 503-58, 917-3 до пяти: 901-15, 910-10) выявлены для 16 фитофтороустойчивых исходных форм. Устойчивостью к вирусу Y, согласно тесту с прививкой и последующему ИФА, обладают 12 исходных форм картофеля.

В генотипах 15-ти гибридов (исключение 503-16 и 917-3, см. табл. 5) присутствуют генетические элементы blb, как правило, это участок гена *Rpi-blb1* по маркеру Blb1 и (или) RB и, реже, специфичный виду blb, белковый и (или) ДНК-маркер. Для исходных форм 501-17, 901-15, 910-10 дополнительно отмечено присутствие гена *Rpi-blb2*, а для 503-22, 901-15, 910-10, 912-28 – *Rpi-blb3*. Гены устойчивости к *Ph. infestans* из *S. demissum* R1 и (или) R3b выявлены для 8 исходных форм, из которых в генотипе 917-3 отмечено присутствие только гена R3b из *S. demissum*.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству» созданы соматические гибриды с североамериканскими фитофтороустойчивыми видами *S. bulbocastanum* (комбинация SB, DL), *S. polyadenium* (комбинация F) и гибриды комбинации SBF, где материнская форма представлена первым половым поколением соматического гибрида SB6-7, а отцовская – соматическим гибридом F17.

Среди второго – четвертого половых поколений соматических гибридов комбинации SB выделены 17 фитофтороустойчивых исходных форм и 2 исходные формы отобраны в первом половом поколении комбинации SBF.

Полученные исходные формы относятся к среднепоздней и поздней группам спелости и характеризуются средним значением продуктивности в пределах 800–1380 г/куст и содержанием крахмала 15,0–22,7 %. Двенадцать исходных форм устойчивы к YBK.

Все исходные формы проявляют целевой признак – устойчивость к фитофторозу ботвы и клубней. Генетической основой устойчивости к *Ph. infestans* 17-ти проанализированных с использованием молекулярного маркирования исходных форм картофеля является наличие от 1 до 5 генов устойчивости к патогену из *S. bulbocastanum* и (или) *S. demissum*. В геномах 9-ти исходных форм (503-22, 815-59, 815-86, 815-95, 901-15, 901-25, 910-10, 912-14, 912-28) отмечено наличие *R*-генов устойчивости из обоих видов, 6-ти (429-2, 501-17, 503-55, 503-58, 815-99, 201120-10) – только из *S. bulbocastanum*, а для 917-3 – только из *S. demissum*. Таким образом, в геномах 15 фитофтороустойчивых исходных форм картофеля, отобранных во втором – четвертом генеративных поколениях соматических гибридов комбинации SB, подтверждено наличие целевых генов устойчивости к фитофторозу из *S. bulbocastanum*.

### Список литературы

1. Каталог мировой коллекции ВИР. Виды картофеля Мексики и их значение для селекции / К. З. Будин [и др.]; под. ред. К. З. Будина. – Л.: ВИР, 1989. – Вып. 439. – 88 с.
2. Яковлева, Г. А. Соматическая гибридизация и клеточная селекция картофеля (*Solanum tuberosum* L.) // Генетические основы селекции растений: в 4 т. / Г. А. Яковлева. – Минск: Беларус. наука, 2008–2014. – Т. 3: Биотехнология в селекции растений. Клеточная инженерия / науч. ред. А. В. Кильчевский, Л. В. Хотылева. – 2012. – Гл. 4. – С. 217–250.
3. Somatic hybridization between potato *Solanum tuberosum* L. and *S. polyadenium* greenman / J. Prosevičius [et al.] // Biotechnology in plant breeding: materials of scientific conference Lithuanian University of Agriculture, Kaunas, 8–9 October 1998 / Lithuanian University of Agriculture, 1998. – P. 29–32.
4. Interspecific somatic hybridization between *Solanum tuberosum* L. and *S. bulbocastanum* Dun. as a means of transferring nematode resistance / S. Austin [et al.] // Am. Potato J. – 1993. – Vol. 70. – P. 485–495.
5. Somatic hybrids between *Solanum bulbocastanum* and potato: a new source of resistance to late blight / J. P. Helgeson [et al.] // Theor Appl Genet. – 1998. – Vol. 96. – P. 738–742.
6. Greplova, M. Electrofusion of protoplasts from *Solanum tuberosum*, *S. bulbocastanum* and *S. pinnatisectum* / M. Greplova, H. Polzerova, H. Vlastníková // Acta Physiol. Plant. – 2008. – Vol. 30. – P. 787–796.
7. Nuclear and cytoplasmic genome composition of *Solanum bulbocastanum* (+) *S. tuberosum* somatic hybrids / M. Iovene [et al.] // Genome. – 2007. – Vol. 50. – P. 443–450.
8. The recipient potato cultivar influences the genetic makeup of the somatic hybrids between five potato cultivars and one cloned accession of sexually incompatible species *Solanum bulbocastanum* Dun. / E. Rakosy-Tican [et al.] // PCTOC. – 2015. – Vol. 122. – P. 395–407.

9. Morphological characters and appearing resistance in potato somaclones, transgenic plants and somatic hybrids / G. A. Yakovleva [et al.] // Potato production and innovative technologies, Ed. by A. J. Haverkort and B. V. Anisimov. – Wageningen. – 2007. – P. 414–421.
10. Johnson, A. A. T. Somatic hybridization and applications in plant breeding / A. A. T. Johnson, R. Veilleux // Plant Breed. Rev. – 2001. – Vol. 20. – P. 167–225.
11. Orczyk, W. Somatic hybrids of *Solanum tuberosum* – application to genetics and breeding / W. Orczyk, J. Przetakiewicz, A. Nadolska-Orczyk // PCTOC. – 2003. – Vol. 74. – P. 1–13.
12. Breeding of a new cultivar «Jeseo» with resistant to common scab / S.R. Kim [et al.] // Korean J. Breed. Sci. – 2013. – Vol. 45, №. 4. – P. 468–473.
13. Яковлева, Г. А. Вовлечение межвидовых соматических гибридов *S. bulbocastanum* в селекционный процесс картофеля / Г. А. Яковлева, Т. В. Семанюк, С. В. Монархович // Картофелеводство: сб. науч. тр. / Науч.-практ. центр НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству; редкол.: В. Г. Иванюк [и др.]. – Минск, 2009. – Т. 16. – С. 54–64.
14. Выявление источников генов устойчивости к вирусам YVK и ВСЛК среди диких видов и межвидовых соматических гибридов картофеля / Г. А. Яковлева [и др.] // Картофелеводство: сб. науч. тр. / Науч.-практ. центр НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству; редкол.: В. Г. Иванюк [и др.]. – Минск, 2009. – Т. 16. – С. 65–76.
15. Интрогрессия признаков устойчивости к фитофторозу и вирусу Y в культурный картофель от мексиканского вида *Solanum bulbocastanum* посредством соматической гибридизации / Г. А. Яковлева [и др.] // Вісник Сумського нац. аграр. ун-ту. Сер. «Агрономія і біологія». – 2010. – Вип. 10(20). – С. 90–99.
16. Устойчивость соматических гибридов картофеля с устойчивостью к фитофторозу и присутствие генов *RI* и *RB* / Г. А. Яковлева [и др.] // Картофелеводство: сб. науч. тр. / Науч.-практ. центр НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству; редкол.: В. Г. Иванюк [и др.]. – Минск, 2007. – Т. 12. – С. 81–93.
17. Практикум по агрохимии / Б. А. Ягодин [и др.]; под ред. Б. А. Ягодина. – М.: Агропромиздат, 1987. – 512 с.
18. ДНК-маркеры для селекции картофеля методом интрогрессивной гибридизации / М. П. Бекетова [и др.] // Картофелеводство России: актуальные проблемы науки и практики: материалы Междунар. конгресса «Картофель. Россия-2007», Москва, 2007 г. / ФГНУ «Росинформагротех»; под общ. ред. А. А. Жученко. – М., 2007. – С. 12–17.
19. Молекулярные маркеры генов устойчивости и геномов-доноров устойчивости картофеля к фитофторозу: методические указания / Е. А. Соколова [и др.]; ВНИИ сельскохозяйственной биотехнологии. – М., 2013. – 24 с.
20. Использование соматической гибридизации в селекции картофеля / Г. А. Яковлева [и др.] // Современное состояние и перспективы инновационного развития картофелеводства в Сибири: материалы Междунар. науч.-практ.

конф., посвящ. 250-летию картофелеводства в Иркутской области, Иркутск, 20–21 окт. 2015 г. – Иркутск: Изд-во Иркутского ГАУ, 2015. – С. 68–80.

21. Яковлева, Г. А. Создание исходного материала картофеля устойчивого к фитофторозу на основе соматических гибридов между тетраплоидным *Solanum tuberosum* и *S. bulbocastanum* / Г. А. Яковлева, Т. В. Семанюк, И. А. Родькина // Картофелеводство: сб. науч. тр. / Науч.-практ. центр НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству. – 2013. – Т. 21. – Ч. 1. – С. 146–160.

22. Яковлева, Г. А. Использование белковых маркеров для анализа интрогрессии *Solanum bulbocastanum* в гибриды картофеля / Г. А. Яковлева, С. В. Монархович, Т. В. Семанюк // Земляробства і ахова раслін. – 2008. – № 2 (57). – С. 52–56.

23. Семанюк, Т. В. Выделение межвидовых гибридов с геном *RB* из *S. bulbocastanum*, перспективных для селекции картофеля на устойчивость к фитофторозу / Т. В. Семанюк, Г. А. Яковлева // Иммуногенетическая защита сельскохозяйственных культур от болезней: теория и практика: материалы конф., Большие Вяземы, Московская обл., 17–21 июля, 2012 г. / ВНИИФ Рос-сельхозакадемии, 2012. – С. 268–277.

Поступила в редакцию 25.10.2017 г.

G. A. YAKOVLEVA, T. V. SEMANYUK, A. V. KONDRATYUK,  
D. V. BASHKO, I. A. RODKINA

## GENITAL BREEDING OF SOMATIC HYBRIDS AND NEW POTATOES INITIAL FORMS CREATION

### SUMMARY

*The results of potatoes somatic hybrids prebreeding with North American species *S. bulbocastanum* and *S. polyadenium* and following selection of advanced forms with buck eye rot resistance are presented in the article.*

*Key words:* potatoes, interspecific somatic hybrids, sexual generations, resistance, buck eye rot, PVY, molecular marking.



### **РАЗДЕЛ 3**

## **ИММУНИТЕТ И ЗАЩИТА КАРТОФЕЛЯ**

УДК 635.21:579.64:631.811.982:632.938.2(470.57)

**А. Д. Андрианов, Д. А. Андрианов**

ФГБОУ ВПО «Башкирский государственный аграрный университет»,  
г. Уфа, Республика Башкортостан, Россия  
E-mail: a.d.andrianov@mail.ru; d.a.andrianov@mail.ru

### **БИОПРЕПАРАТЫ НА РАННЕМ КАРТОФЕЛЕ**

#### **РЕЗЮМЕ**

*В полевом опыте изучили сроки и способы применения Гуми-20М и Фитоспорин-М при различных дозах внесения полного удобрения на раннем картофеле сорта Невский. В интегральных агротехнологиях раннего картофеля возможна трехкратная обработка Гуми-20М, а применение Фитоспорина-М необосновано.*

*Ключевые слова: Solanum tuberosum L., урожайность и качество клубней, натриевые соли гуминовых кислот бурого угля, макро- и микроэлементы, Bacillus subtilis 26Д.*

#### **ВВЕДЕНИЕ**

Все большее внимание уделяется исследованиям гуминовых препаратов (далее – ГП). Содержащиеся в них гуминовые вещества (далее – ГВ) можно сгруппировать в следующие основные группы:

1. Удобрения, регуляторы роста и защиты растений.
2. Мелиоративные (структурообразователи и стимуляторы микробиологической активности почвы).
3. Детоксиканты.

Гуминовые вещества образуют хелатные соединения. Они способны снижать поверхностное натяжение водных растворов. В силу того, что ГВ обладают поверхностной активностью, то они, попав в растения, увеличивают проницаемость мембран, что в итоге ускорит передвижение питательных веществ в растении. Чем лучше транспорт и круговорот питательных веществ в растениях, тем выше скорость фотосинтеза и ускоряется рост и развитие сельскохозяйственных культур. Ионы водорода ГВ способствуют синтезу АТФ, в результате чего улучшается дыхание растений и повышается их иммунитет к стрессовым факторам различной природы, а также снижается содержание нитратов в урожае клубней. Свойствами ГВ являются полидисперсность, нерегулярность строения и полифункциональность. Такой комплекс свойств обусловлен наличием высокозамещенного функциональными ароматическими группами гидрофобного ядра

и наружных гидрофильных алифатических, олигосахаридных и олигопептидных групп. Гуминовые препараты оптимизируют корневое питание растений, увеличивая количество в почвенно-поглощающем комплексе доступного фосфора и микроэлементов; повышают коэффициенты использования питательных веществ из минеральных и органических удобрений; увеличивают проницаемость биологических мембран клетки, снижая поверхностное натяжение водных растворов; улучшают снабжение растения питательными веществами. Способствуя лучшему их передвижению по проводящей системе. ГВ стимулируют синтез АТФ и регуляторов роста и развития, каталазы, пероксидазы. Ростстимулирующий эффект ГВ значительно превышает их непосредственную питательную ценность в оптимальных интервалах концентраций и доз, что связано с упругостью и растяжимостью клеточных стенок [1, 2]. Поэтому обработку растений ГВ необходимо начинать с первого этапа органогенеза и продолжать во время вегетации с интервалом до трех недель для повышения продуктивности и устойчивости агрофитоценозов и качества производимой продукции. Были получены различные результаты от применения ГВ [1–28].

Бактериальные препараты (далее – БП) являются слабыми патогенами для культурных растений [29]. Кроме живой культуры бактерий, БП содержат антибиотики различной природы в непостоянном количестве и соотношении. Считают, что бактерии рода *Bacillus* не фитотоксичны, у них эволюционно сложились симбиотические взаимоотношения с растениями; имеют высокую антагонистическую активность к патогенам и синтезируют физиологически активные вещества; являются частью ризосферы корней, повышая доступность элементов питания картофеля и устойчивость к внешним факторам среды обитания [29, 30]. Были получены различные результаты от применения БП с *Bacillus* [11, 12, 29–46].

В работе И. В. Максимова и др. [34] приводится фотография колонизации бактерий *B. subtilis* 26Д в тканях пробирочных растений картофеля сорта Ранняя роза. Из нее видно, что бактериализация привела уже к паразитированию живой культуры данных бактерий на растении раннего картофеля.

В работах И. В. Максимова и др. [29] и Л. И. Пусенковой и др. [47] показана крайне низкая эффективность Фитоспорина-М, тем более учитывая, что в их опыте всего за один год применяли Актару способом, который невозможен и не допускается. А Гуми-20 и Фитоспорин-М на скороспелом сорте картофеля Ред Скарлетт применяли с недопустимым интервалом, причем вторая обработка проведена в неопределенный срок, который никак не определим, и авторы не указали конкретные даты обеих обработок, совместив их с обработкой Титусом и Зенкором, которые в указанные сроки вообще нельзя применять. То есть данные этого опыта недостоверны.

В работе Л. И. Пусенковой и др. [48] данные по Республике Башкортостан те же, что и в работе И. В. Максимова и др. [29] и Л. И. Пусенковой и др. [47], то есть эта часть работы недостоверна и неслучайно авторы больше оперируют данными сотрудников ВНИИКХ им. А. Г. Лорха В. М. Глез, В. Н. Зейрука и

М. К. Деревягиной, которые методически выдержаны и достоверны. На раннем сорте картофеля Удача с высокой полевой устойчивостью к фитофторозу на кислой супесчаной дерново-подзолистой почве в 2008 г. совместное четырехкратное применение Фитоспорина-М с Гуми-20 дало положительный эффект. И здесь ведущая роль принадлежит ГП.

В работе М. М. Хайбуллина и др. [49] описано, что в 2004 г. обработка семенного материала среднепозднего сорта картофеля Симфония Фитоспорином привела к снижению урожайности и крахмалистости клубней. В статьях И. Н. Аминова и др. [50, 51] на среднеранних сортах картофеля Романо и Невский использовали одинаковую сильно разреженную посадку с плотностью 37 тыс. клубней на 1 га. Фитоспорин, Гуми и Борогум применяли с недопустимым интервалом, причем вторая обработка проведена в неопределенный срок, который никак не определим, и авторы не указали конкретные даты обеих обработок с непонятной нормой расхода рабочей жидкости 200 л/га. Не указали они и срок учета ботвы на пораженность фитофторозом (это особенно важно для изученных сортов – они оба имеют высокую степень иммунитета к инфекции). В первой работе указана НСР урожайности клубней одна, во второй другая. Если предположить, что вначале она приведена в %, то в 2006 г. опыт недействителен. А в публикации 2012 г. величина НСР в т/га такая, что говорит о том, что никакой рендомизации делянок не было, а была одна повторность. Следовательно, приведенные данные недействительны.

В работе В. Н. Трапезникова [52] на страницах 6 и 10 указывается, что опыт по применению Гуми-30 500 г препарата на 1 т клубней и 0,1 % концентрации с нормой расхода рабочей жидкости 300 л на гектар совместно с применением инсектицидов против колорадского жука в период бутонизации и цветения был проведен на светло-серой лесной почве ( $pH_{\text{сол.}}$  5,6 Нг 3,8 мг-экв/100 г почвы) с сортом картофеля Невский. На странице 20 при предпосадочной обработке клубней указываются Гуми-30 и Гуми-90 с 1–2 %-й концентрацией и при обработке –0,1 %-й концентрацией. На странице 24 написано, что Гуми-30 испытывали в 1997–2001 гг., а Гуми-90 – в 2002–2004 гг. Получена достоверная прибавка урожая при их применении, но в контроле урожайность была очень низкая – 14 и 17 т/га соответственно. Этот же автор [53], по данным 1997–2001 гг., привел те же цифры урожая, но без указания сорта картофеля. В. П. Трапезников применял неопределенный Гуми 1–2 %-й концентрации на тонну семян 500 г препарата. Р. Р. Исмагилов и В. Н. Трапезников [13] пишут, что для опрыскивания посадок использовали препарат 0,1 %-й концентрации неопределенного Гуми в дозе 450 г на 1 т семян и 150 г/га Гуми, представляющего 6 %-й водный раствор натриевых солей гуминовых кислот, в 2002–2004 гг. в отличие от В. Н. Трапезникова [52] применяли только при посадке и в начале бутонизации картофеля. То есть трудно ручаться за результаты этих публикаций при отсутствии в них данных о методике опыта (качество посадочного материала, сроков, способов и густоты посадки, системы удобрения, сроков и способов уборки и многих других данных). А как можно привязывать применение

испытываемого фактора с неучитываемым фактором борьбы с колорадским жуком? Какие препараты оказали влияние на формирование урожая – Гуми или инсектициды? И разве экономический порог вредоносности по личинкам вредителя достигается все время в фазу бутонизации картофеля?

В Якутии [54, 55] на щелочной супесчаной мерзлотно-таежно-палеевой почве были получены достоверные положительные результаты применения Фитоспорина-М (на гуминовой основе) на неустойчивом к фитофторе сорте картофеля Вармас.

Положительные результаты в различных условиях применения на картофеле (в Чехии, Московской и Самарской областях и Республике Мордовия Российской Федерации) показали лигногуматы [56–58].

Комплексный препарат с использованием гуматов [59] разработан в Тюменской ГСХА, применение которого показало положительную реакцию картофеля.

Наши опыты показали преимущество биологизированных и химических аналогов препаратов перед биологическими [60–63].

**Цель исследований** – изучение действия Фитоспорина-М и Гуми-20М на рост и развитие, фотосинтетическую активность, урожайность и качество клубней раннего картофеля в условиях Республики Башкортостан.

**В задачи** исследований входило решение следующих вопросов:

1. Оценить влияние Фитоспорина-М и Гуми-20М на рост и развитие растений картофеля раннеспелого сорта.
2. Выявить изменение некоторых физиологических процессов в растениях формирующихся посадок под влиянием Фитоспорина-М и Гуми-20М.
3. Определить влияние Фитоспорина-М и Гуми-20М на накопление урожая клубней, его товарность и качество.
4. Изучить влияние Фитоспорина-М и Гуми-20М на повышение устойчивости растений картофеля к основным болезням культуры в Республике Башкортостан.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Для изучения и подбора наиболее эффективных способов применения иммунизаторов и органических удобрений нового поколения Гуми-20М и Фитоспорина-М (производство ООО НВП БашИнком) нами были заложены в ФГУП «Учхоз «Миловское» Башкирского государственного аграрного университета (БГАУ) трехфакторные полевые опыты в 2004–2006 гг. в севообороте кафедры кормопроизводства на выщелоченном среднегумусном среднетяжелосуглинистом черноземе. Почва характеризуется высоким содержанием (8–9 %) гумуса и мощностью гумусового горизонта (45–55 см), слабокислой ( $pH_{\text{сол}} 5,5–5,9$ ) реакцией среды. Содержание общего азота составляет 4300–4700 мг/кг почвы, минерального азота – 25–35 мг/кг, валового фосфора – 0,21 % и калия – 1 %. Предшественник – озимая рожь. Для исследований был использован семенной материал класса суперэлита сорта Невский массой клубней 60–80 г. Общая площадь делянки

47,6 м<sup>2</sup>, повторность опыта трехкратная. Посадку проводили с густотой 48–55 тыс. шт. на 1 га (в зависимости от влагообеспеченности весной) при температуре почвы +6 ...+8 °С в первой декаде мая на глубину 6–8 см. Окончательную уборку урожая проводили методом сплошной уборки в первой декаде августа. Все наблюдения, учеты и анализы проводили по общепринятым методикам [64–67].

Схема опыта включала следующие варианты.

**Фактор А.** Биокорректор. 0. Вода – контроль; 1. Гуми-20М; 2. Фитоспорин-М.

**Фактор В.** Способ применения гуминовых препаратов. 1. Обработка клубней водой – контроль; 2. Обработка водой клубней и посадок в фазу бутонизации; 3. Обработка водой клубней и посадок в фазу бутонизации и через 10 суток (начало цветения); 4. Обработка Гуми-20М клубней; 5. Обработка Гуми-20М клубней и посадок в фазу бутонизации; 6. Обработка Гуми-20М клубней и посадок в фазу бутонизации и через 10 суток (начало цветения); 7. Обработка Фитоспорином-М клубней; 8. Обработка Фитоспорином-М клубней и посадок в фазу бутонизации; 9. Обработка Фитоспорином-М клубней и посадок в фазу бутонизации и через 10 суток (начало цветения); 10. Совместная обработка половинными дозами Гуми-20М и Фитоспорином-М клубней; 11. Совместная обработка половинными дозами Гуми-20М и Фитоспорином-М клубней и посадок в фазу бутонизации; 12. Совместная обработка половинными дозами Гуми-20М и Фитоспорином-М клубней и посадок в фазу бутонизации и через 10 суток (начало цветения).

**Фактор С.** Уровень питания. 1. Без удобрений – контроль; 2. Расчетная доза минеральных удобрений на урожайность 20 т/га клубней; 3. Расчетная доза перепревшего навоза и минеральных удобрений на урожайность 30 т/га клубней.

Обработку клубней проводили в день посадки под навесом. Обработывали водой с расходом рабочей жидкости 10 л/т, Гуми-20М и Фитоспорином-М с нормой расхода препаратов 1,5 л/т. Обработку посадок водой по вегетации проводили при расходе рабочей жидкости 300 л/га, Гуми-20М и Фитоспорином-М с нормой расхода препаратов 0,2 и 1,5 л/га. Совместную обработку клубней Гуми-20М и Фитоспорином-М проводили с нормами расхода препаратов по 0,7 л/т. Совместную обработку посадок Гуми-20М и Фитоспорином-М проводили с нормами расхода препаратов по 0,1 и 0,7 л/га.

**Сорт картофеля Невский** [68]. Оригинатор сорта является ЗАО «Всеволожская селекционная станция». Происхождение – скрещивание сортов Веселовский х Кандидат с последующим индивидуальным отбором. В Госреестр Российской Федерации сорт включен в 1982 г. Назначение – столовый.

*Хозяйственные признаки:* скороспелость – среднеранний; Клубни средние и крупные, выровненные; масса клубней 86–133 г; сорт многоклубневый – на одном кусте формируется 9–20 клубней, которые устойчивы к механическим повреждениям; содержание крахмала 10–18 %, белка 1,80–1,95 %; урожайность клубней высокая – 38–60 т/га, в наших опытах до 90 т/га; товарность урожая

клубней 90–95 %. Лежкость хорошая (96 %), но наблюдается раннее прорастание клубней (через 45 суток после начала хранения). Потребительские качества клубней: разваримость слабая (кулинарный тип В), вкус удовлетворительный и хороший, не темнеют при резке и после варки.

*Развитие растений.* Сорт отличается быстрыми и равномерными всходами. Экологически пластичен. Отличается быстрым отрастанием листьев после поедания колорадским жуком. Клубневое гнездо компактное, поверхностное.

*Устойчивость к болезням.* Сорт устойчив к возбудителю рака картофеля, ризоктониозу, альтернариозу и черной ножке. Неустойчив к цистообразующей золотистой картофельной нематоде (Ro 1, 4). Относительно устойчив к вирусным заболеваниям и фитофторозу. Поражается паршой обыкновенной.

*Морфологические признаки.* Куст прямостоячий и полупрямостоячий, компактный, низкий и средней высоты, промежуточного типа. Стебли средней толщины, слабо окрашены антоцианом, сильноветвистые, округлые, сильнооблиственные, зеленые. Листья средние и крупные, среднерассеченные, светло-зеленые, слабоопушенные, матовые со слабым жилкованием. Глянцевитость средней степени. Глубина жилок мелкая, антоциан на молодых листочках верхушечной розетки отсутствует. Волнистость края слабая. Доли листа средней величины с ровными краями. Конечная доля овальной формы с сердцевидным основанием и слабозаостренной вершиной. Первая пара боковых долей равнобокая. Дольки округлые, сидячие с срединным месторасположением. Прилистники серповидной формы. Цветение обильное, продолжительное, а ягодообразование среднее. Соцветие среднее, компактное, цветков много. Цветonoсы короткие и средней длины, круглые. Чашечка зеленая, чашелистики короткие, шиловидные. Венчик белый, средний, с узкими долями. Форма клубней округлая, округло-овальная и овальная. Кожура белая, желтая и светло-бежевая с плоским столонным следом, гладкая. Глазки малочисленные, мелкие и поверхностные, розовые. Световой росток большой, сферической формы. Основание красно-фиолетовое, сильноопушенное. Вершина промежуточного типа. Интенсивность антоциановой окраски основания ростка слабая. Мякоть клубня белая.

*Ценность сорта.* Сорт отличается высокой и стабильной урожайностью и товарностью клубней, широкой экологической пластичностью, устойчив к механическим повреждениям, хорошей лежкостью клубней в период хранения, полевой устойчивостью к вирусам. Наблюдается раннее прорастание клубней, что является основным недостатком сорта, так как после обрыва ростков клубни теряют в урожайности. Поэтому для сорта Невский особенно важно холодное хранение при температуре не выше +1...+3 °С. Глазки пробуждаются одновременно. Сорт интенсивного типа, активно реагирует на внесение повышенных доз органических и минеральных удобрений. Необходимо вносить 40–50 т/га перепревшего навоза и минеральных удобрений  $N_{90}P_{120}K_{90}$ . Дает хорошие результаты при проращивании и прогревании. Рекомендуется поддержание достаточного количества влаги в почве на момент начала клубнеобразования во избежание поражения паршой. Чувствителен к обламыванию ростков, так как это ведет

к изреживанию всходов. В последние годы наблюдается изменение окраски глазков (в одном гнезде разная окраска глазков), сказывается влияние погодных условий. Особенностью сорта является то, что если посадить его в холодную почву (оптимальная +6...+8 °С), и такая погода сопровождается дождями и сохраняется длительное время, то всхожесть уменьшается на 10–15 %. Густота посадки на раннюю продукцию составляет 50–55 тыс. клубней/га и на семенных участках 60–65 тыс. клубней/га. При значительном уплотнении почвы клубни приобретают нетипичную для сорта форму. Высаживают сорт Невский обычно после других сортов за несколько дней до окончания весенних заморозков.

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Существенных различий в прохождении фенологических фаз развития во всех вариантах опыта не выявлено. Наибольшая площадь листовой поверхности (49,6–50,3 тыс. м<sup>2</sup>/га) через 20 дней после цветения была сформирована при трехкратных обработках Гуми-20М и совместных обработках Гуми-20М и Фитоспорином-М с расчетной дозой органоминерального удобрения на 30 т/га клубней. В этих же вариантах была наиболее развитая корневая система.

Главным показателем эффективности агротехнических приемов выращивания сельскохозяйственных культур является урожайность произведенной продукции. Математическая обработка данных показала, что изученные факторы оказали существенное влияние на формирование урожая раннего картофеля. Наиболее высокая урожайность была сформирована при трехкратной обработке Гуми-20М и трехкратном комплексном применении вышеназванных препаратов (табл. 1). Фитоспорин-М не дал достоверного увеличения урожая.

Таблица 1 – Урожайность клубней раннего картофеля сорта Невский в зависимости от применения Гуми-20М и Фитоспорина-М (ФГУП «Учхоз «Миловское» БГАУ) в 2004–2006 гг., т/га

Фактор А. Биокорректор	Фактор В. Способ применения	Фактор С. Уровень питания		
		Без удобрений	Расчетная доза на 25 т/га	Расчетная доза на 30 т/га
Вода	1	18,9	25,4	27,4
	2	19,0	25,6	27,5
	3	19,0	25,9	27,3
Гуми-20М	4	19,6	26,4	29,7
	5	20,1	27,7	31,0
	6	20,5	28,3	32,1
Фитоспорин-М	7	19,3	26,1	27,8
	8	19,8	27,0	29,0
	9	20,1	27,4	29,2
Гуми-20М + Фитоспорин-М	10	19,9	27,0	30,0
	11	20,8	28,4	31,2
	12	21,3	29,2	32,7
НСР <sub>05</sub> для частных различий		1,2		

Ранний картофель как ранняя овощная культура имеет высокие потребительские свойства, но существенных различий между вариантами опыта достигнуто не было (табл. 2).

Изученные в полевых опытах биологические препараты оказали не только рострегулирующее, но и фунгицидное действие, способствуя проявлению растениями раннего картофеля иммунной реакции на поражение грибными фитопатогенами. Данные по биологической эффективности трехкратной обработки Гуми-20М и совместной обработки Гуми-20М и Фитоспорином-М на раннем картофеле по фитофторозу, макроспориозу, парше обыкновенной и вирусным заболеваниям достигают 20–50 %, причем она сильно снижается с увеличением дозы удобрения. Применение только Фитоспорина-М имеет крайне низкую биологическую эффективность, не превышающую при удобрении раннего картофеля 20 %.

Таким образом, в интегральной агротехнике раннего картофеля необходимо вносить расчетные дозы органоминерального удобрения весной перед посадкой и проводить предпосадочное аэрозольное опрыскивание рабочей жидкостью – смесью половинной дозы Гуми-20М и Фитоспорина-М и совместную двукратную обработку половинными дозами Гуми-20М и Фитоспорина-М в период вегетации при отсутствии прогнозов эпифитотий для повышения их иммунитета к основным заболеваниям, урожайности клубней и их качества к заданному сроку уборки. Наивысший условный чистый доход (197 816 руб.) и уровень рентабельности (138,2 %) были достигнуты в этом варианте опыта. В то же время изученные препараты являются технологически молодыми и «сырыми», поэтому сразу их в товарных хозяйствах применять нельзя. Пока нет возможности создать полноценный устойчивый равновесный водный раствор рабочей жидкости. Препараты оседают и забиваются форсунки опрыскивателя. В опыте на делянках мы использовали ранцевый опрыскиватель и на небольшой объем рабочего раствора, опрыскивание было равномерным и быстрым.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение полной дозы Гуми-20М и смеси из половинных доз обоих препаратов повышает урожайность клубней раннего картофеля сорта Невский на 10–15 %. Наибольший вклад в динамику формирования урожайности внесли система удобрения, генотип картофеля и ход погодных условий годов исследования. Применение Фитоспорина-М не показало математически достоверного увеличения урожая.

Существенных различий в показателях качества свежих клубней отмечено не было. Удобрения не снижали содержание основных питательных веществ и не повышали содержание нитратов в клубнях.

Биологическая эффективность Гуми-20М обусловлена как ГВ, так и наличием макро- и микроэлементов (последних в хелатной форме). Половинная доза Фитоспорина-М также дает значительное количество ГВ. Свое положительное влияние на иммунитет растений раннего картофеля оказал перепревший навоз –



РАЗДЕЛ 3. ИММУНИТЕТ И ЗАЩИТА КАРТОФЕЛЯ

Таблица 2 – Качество урожая клубней раннего картофеля сорта Невский в зависимости от применения гуминовых удобрений (ФГУП «Учхоз «Милоское» БГАУ) в 2004–2006 гг.

Показатели	Фактор С. Уровень питания	Фактор А. Биокорректор																	
		Вода			Гумми-20М			Фитоспорин-М			Гумми-20М + Фитоспорин-М								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12						
Крахмалистость, %	Без удобрений	17,6	17,6	17,6	17,7	17,7	17,8	17,7	17,7	17,7	17,7	17,7	17,7	17,7	17,7	17,7	17,9	17,9	18,0
	Расчетная доза на 20 т/га	17,7	17,7	17,7	17,7	17,8	17,9	17,7	17,7	17,7	17,7	17,7	17,7	17,8	17,8	17,9	17,9	17,9	18,0
	Расчетная доза на 30 т/га	15,5	15,5	15,5	15,9	15,7	15,8	15,6	15,7	15,7	15,7	15,7	15,7	15,7	15,7	15,8	15,8	15,8	15,8
Товарность, %	Без удобрений	91,4	91,5	91,5	91,8	92,1	92,7	91,5	91,8	92,1	91,5	91,8	92,1	92,1	92,4	92,4	92,1	92,4	92,9
	Расчетная доза на 20 т/га	91,8	91,8	91,8	92,1	92,4	92,9	91,8	91,8	92,1	91,8	91,8	92,1	92,2	92,2	92,2	92,2	92,4	93,3
	Расчетная доза на 30 т/га	92,2	92,2	92,2	92,4	92,7	93,1	92,2	92,2	92,5	92,2	92,2	92,5	92,5	92,5	92,5	92,5	92,5	93,6
Витамин С, мг/%	Без удобрений	21,2	21,2	21,2	21,3	21,5	21,6	21,2	21,2	21,2	21,2	21,2	21,2	21,3	21,3	21,3	21,3	21,3	21,8
	Расчетная доза на 20 т/га	21,0	21,0	21,0	21,2	21,3	21,4	21,0	21,0	21,2	21,0	21,0	21,2	21,3	21,3	21,3	21,3	21,5	21,6
	Расчетная доза на 30 т/га	19,4	19,3	19,3	19,5	19,6	19,7	19,5	19,5	19,5	19,5	19,5	19,5	19,6	19,6	19,6	19,8	19,8	20,0
Нитраты, мг/кг	Без удобрений	62	62	62	62	61	60	62	61	61	62	61	61	61	61	61	61	60	59
	Расчетная доза на 20 т/га	67	67	67	66	66	65	67	66	64	67	66	66	65	64	64	66	65	64
	Расчетная доза на 30 т/га	74	74	74	72	70	69	73	71	70	73	71	71	70	70	72	72	69	67

концентрат целого комплекса минеральных и органических соединений различной природы.

Необходимо проводить дальнейшие исследования всего набора препаратов ООО НВП БашИнком и других производителей ГП биопрепаратов на основе живой споровой формы культуры бактерий *Bacillus subtilis* штамм 26Д на раннем картофеле различных сортов. В продуктах жизнедеятельности этих бактерий надо выявлять вещества, обладающие физиологически-активным действием на культурные растения, в процессе культивирования накапливать их в высоких концентрациях и изучать технологию применения подобных веществ в защите растений. В открытом грунте в полевых условиях такие препараты, как Фитоспорин-М и Алирин-Б не находят применения в производстве, а такие препараты, как Альбит и Грин Лифт уже с успехом применяются во многих странах мира.

### Список литературы

1. Rowberry, R. G. The effects of humic acid derivatives on the yield and quality of Kennebec and Sebago potatoes / R. G. Rowberry, G. H. Collin // *American Potato Journal*. – 1977. – Vol. 54, № 12. – P. 607–609.
2. Seyedbagheri, M. M. Yields of Potato and Alternative Crops Impacted by Humic Product Application / M. M. Seyedbagheri, Z. He, D. C. Olk // *Sustainable Potato Production: Global Case Studies*. Edited by Z. He, R. Larkin and W. Honeycuff. – Dordrecht: Heidelberg: New York: London: Springer, 2012. – P. 131–140.
3. Эффективность различных биологических средств защиты сельскохозяйственных культур в Приамурье / Т. А. Асеева [и др.] // *Вестн. РАСХН*. – 2007. – № 6. – С. 33–36.
4. Приемы повышения адаптивного потенциала картофеля в условиях Среднего Приамурья / Т. А. Асеева [и др.] // *Состояние и перспективы развития селекции и семеноводства картофеля на Дальнем Востоке: к 75-летию образования аграрной науки Северных территорий России / Российская акад. с.-х. наук, Дальневосточный региональный научный центр, Камчатский научно-исслед. ин-т с. х.; редкол.: Н. И. Ряховская (отв. ред.), Г. П. Власенко. – Владивосток: Дальнаука, 2010. – С. 51–56.*
5. Бодилев, В. Р. Обработка семенных клубней картофеля стимулирующими веществами / В. Р. Бодилев, О. Д. Громова // *Картофелеводство: сб. науч. тр. / Белорусский науч.-исслед. ин-т картофелеводства и плодоовощеводства; под ред. А. В. Кругляков [и др.]. – Минск: Ураджай, 1985. – Т. 6: Межведомственный тематический сборник. – С. 102–110.*
6. Бутов, А. В. Регуляторы роста на картофеле / А. В. Бутов, С. О. Адоньев // *Картофель и овощи*. – 2015. – № 5. – С. 29–30.
7. Вержиковский, В. И. Влияние разных способов проращивания на урожай раннего картофеля / В. И. Вержиковский // *Состояние и перспективы развития агрономической науки: материалы Междунар. науч.-практ. конф., 5–8 июня 2007 г.: в 2 т. / Донской гос. аграр. ун-т; редкол.: А. И. Бараников*

(гл. ред.), Ю. А. Колосов, Н. А. Зеленский. – пос. Персиановский: ДонГАУ, 2007. – Т. 2. – С. 156–159.

8. Галеев, Р. Р. Применяйте гумат натрия на картофеле / Р. Р. Галеев // Картофель и овощи. – 1990. – № 2. – С. 12–13.

9. Влияние гуминовых удобрений на численность и структуру бактериальных комплексов картофельного поля / Т. Г. Добровольская [и др.] // Вестн. Московского гос. ун-та. Сер. 17: Почвоведение. – 2013. – № 3. – С. 47–50.

10. Ермаков, Е. И. Некорневая обработка растений гуминовыми веществами, как экологически гармоничная корректировка продуктивности и устойчивости агроэкосистем / Е. И. Ермаков, А. И. Попов // Вестн. РАСХН. – 2003. – № 4. – С. 7–11.

11. Золотарева, Е. В. Влияние биологически активных веществ на некоторые стороны фотосинтеза у картофеля / Е. В. Золотарева, А. Ф. Дулин, О. В. Федотова // Современные биотехнологические и фитопатологические исследования в Российском Приамурье: сб. науч. тр. / Дальневосточный науч.-исслед. ин-т с. х.; отв. ред. Б. Г. Анненков. – Хабаровск, 1998. – С. 62–67.

12. Золотарева, Е. В. Применение фиторегуляторов в качестве элемента системы защиты картофеля и томатов от болезней в Приамурье / Е. В. Золотарева, З. В. Ошлакова, О. В. Федотова // Вестн. защиты растений. – 2000. – № 2. – С. 46–49.

13. Исмагилов, Р. Р. Влияние ростовых веществ на биохимический состав и продуктивность картофеля / Р. Р. Исмагилов, В. П. Трапезников // Вестн. РАСХН. – 2007. – № 5. – С. 26–28.

14. Кинчарова М. Н. Влияние регуляторов роста на содержание питательных веществ в растениях картофеля / М. Н. Кинчарова, Н. Н. Бородакова // Изв. Самарской ГСХА. – 2009. – № 4. – С. 36–39.

15. Лазуткина, Е. В. Влияние гуминовых удобрений на агроэкологические свойства почвы и растений / Е. В. Лазуткина, А. И. Еськов, В. А. Касатиков // Агроэкологические функции органического вещества почв и использование органических удобрений и биоресурсов в ландшафтном земледелии. Сб. докл. Междунар. науч.-практ. конф., Владимир, 1–5 июля 2004 г. / ГНУ ВНИПТИОУ, РАСХН. – М.: Россельхозакадемия – ГНУ ВНИПТИОУ, 2004. – С. 488–493.

16. Лебедева, Т. Б. Используйте экологически безопасные биопрепараты / Т. Б. Лебедева, Е. В. Надежкина // Картофель и овощи. – 2009. – № 1. – С. 8.

17. Марухленко, А. В. Гумистим повышает продуктивность картофеля / А. В. Марухленко, Н. П. Борисова // Картофель и овощи. – 2005. – № 3. – С. 17–18.

18. Мерзлая, Г. Е. Выращивание картофеля за Северным полярным кругом / Г. Е. Мерзлая, А. И. Степанов, А. Я. Федоров // Доклады РАСХН. – 2008. – № 6. – С. 10–12.

19. Петрова, Г. В. «Гумми» и биогумус повышают урожай / Г. В. Петрова, И. В. Елманов, А. В. Матвеев // Картофель и овощи. – 2002. – № 3. – С. 30.

20. Садовникова, Л. К. Регуляторные и протекторные свойства промышленных гуминовых препаратов / Л. К. Садовникова, О. С. Якименко //

Агроэкологические функции органического вещества почв и использование органических удобрений и биоресурсов в ландшафтном земледелии. сб. докл. Междунар. науч.-практ. конф. Владимир, 1–5 июля 2004 г. / ГНУ ВНИПТИОУ, РАСХН. – М.: Россельхозакадемия – ГНУ ВНИПТИОУ, 2004. – С. 362–369.

21. Трапезников, В. П. Регулятор роста ГУМИ на картофеле / В. П. Трапезников // Земледелие. – 2005. – № 1. – С. 37.

22. Тулинов, А. Г. Гумат калия/натрия на картофеле / А. Г. Тулинов // Картофель и овощи. – 2015. – № 7. – С. 31–32.

23. Якименко, О. С. Промышленные гуминовые препараты: перспективы и ограничения использования / О. С. Якименко // Достижения науки и техники АПК. – 2004. – № 4. – С. 10–12.

24. Kunkel, R. Effects of adding humates to the fertilizer on the yield and quality of Russet Burbank potatoes / R. Kunkel, N. Holstad // American Journal of Potato Research. 1968. – Vol. 45, № 12. – P. 449–457.

25. Seyedbagheri, M. M. A Perspective on Over a Decade of On-Farm Research on the Influence of Humates Products on Crop Production / M. M. Seyedbagheri // From Molecular Understanding to Innovative Applications of Humic Substances. Proceedings of the 14th International Meeting of the International Humic Substances Society. September 14–19, 2008, Moscow – Saint Petersburg, Russia. Editors: I. V. Perminova, N. A. Kulikova / Department of Chemistry Lomonosov Moscow State University. – Vol. II, Humus Sapiens, Moscow, 2008. – P. 603–604.

26. Seyedbagheri, M. M. Influence of Humic Products on Soil Health and Potato Production / M. M. Seyedbagheri // Potato Research. – 2010. – Vol. 53, № 4. – P. 341–349.

27. Suh, H. Y. Tuber growth and quality of potato (*Solanum tuberosum* L.) as affected by foliar or soil application of fulvic and humic acids / H. Y. Suh, K. S. Yoo, S. G. Suh // Horticulture, Environment, and Biotechnology. – 2014. – Vol. 55, № 3. – P. 183–189.

28. Application of Humic Substances Results in Consistent Increases in Crop Yield and Nutrient Uptake / G. Verlinden [et al.] // Journal of Plant Nutrition. – 2009. – Vol. 32, № 9. – P. 1407–1426.

29. Максимов, И. В. Влияние биопрепаратов на основе эндофитной бактерии *Bacillus subtilis* 26д на поствегетационное сохранение защитного потенциала клубней картофеля против патогенов / И. В. Максимов, Л. И. Пусенкова, Р. Р. Абизгильдина // Агрохимия. – 2011. – № 6. – С. 43–48.

30. Стимулирующие рост растений бактерии в регуляции устойчивости растений к стрессовым факторам / И. В. Максимов [и др.] // Физиология растений. – 2015. – Т. 62. – № 6. – С. 763–775.

31. Гилязетдинов, Ш. Я. Эффективность антистрессовых препаратов и биофунгицидов в системе защиты сельскохозяйственных культур от неблагоприятных абиотических и биотических факторов / Ш. Я. Гилязетдинов, А. Х. Нугуманов, Л. И. Пусенкова / Акад. наук. Респ. Башкортостан, Ин-т биохимии и генетики УНЦ РАН, Башкирский НИИ с. х. РАСХН. – Уфа: Гилем, 2008. – 369 с.

32. Лысенко, А. Ю. Влияние биологических и химических препаратов на продуктивность картофеля в Приморском крае / А. Ю. Лысенко // Дальневосточный аграр. вестн. – 2016. – № 2. – С. 13–18.
33. Лысенко, А. Ю. Влияние биологических и химических препаратов на показатели вегетативной массы и продуктивность картофеля в Приморском крае / А. Ю. Лысенко // Вестн. Красноярского ГАУ. – 2016. – № 12. – С. 3–7.
34. Эндوفитные бактерии *Bacillus subtilis* бД снижают выживаемость колорадского жука на растениях картофеля путем антагонистического воздействия на микрофлору его пищеварительной системы / И. В. Максимов [и др.] // Биотехнология – от науки к практике: материалы науч. докл. участников Всерос. конф. с междунар. участием, посвящ. памяти проф. Киреевой Наили Ахняфовны, Уфа, 23–26 сент. 2014 г.: в 2 т / М-во образования и науки Рос. Федерации, Башкирский ГУ. – Уфа: РИЦ БашГУ, 2014. – Т. 1. – С. 152–155.
35. Мелентьев, А. И. Аэробные спорообразующие бактерии *Bacillus Cohn* в агроэкосистемах / А. И. Мелентьев; РАН, УНЦ, Ин-т биологии. – М.: Наука, 2007. – 147 с.
36. Менликиев, М. Я. Новый биопрепарат / М. Я. Менликиев, Ф. А. Байгузина // Земледелие. – 1998. – № 4. – С. 15–16.
37. Менликиев, М. Я. Как эндогенные бактерии защищают растения / М. Я. Менликиев, В. Д. Недорезков, Г. М. Ваньянц // Агро XXI. – 2001. – № 2. – С. 14–15.
38. Менликиев, М. Я. Возможности биологической защиты растений неисчерпаемы / М. Я. Менликиев, А. А. Сахибгареев, В. И. Кузнецов // Достижения науки и техники АПК. – 2007. – № 2. – С. 6–8.
39. Роль бактерий-антагонистов фитопатогенов в защите сельскохозяйственных растений от болезней / О. Н. Логинов [и др.]; РАН, УНЦ, Ин-т биологии. – Уфа: Гилем, 2001. – 66 с.
40. Сахибгареев, А. А. Эндوفитные бактерии / А. А. Сахибгареев, М. Я. Менликиев // Вестн. РАСХН. – 2008. – № 3. – С. 60–62.
41. Свешникова, Е. В. Для борьбы с болезнями картофеля / Е. В. Свешникова, О. Н. Логинов, Р. Ф. Исаев // Защита и карантин растений. – 2003. – № 10. – С. 35–36.
42. Действие биологических препаратов на численность патогенных и сапротрофных микромицетов, колонизирующих клубни картофеля / А. В. Широков [и др.] // С.-х. биология. – 2012. – № 1. – С. 117–120.
43. Иммуностимулирующий эффект препаратов – биорегуляторов при обработке клубней картофеля / И. А. Шпирная [и др.] // Изв. Самарского научного центра РАН. – 2011. – Т. 13. – № 5 (3). – С. 221–224.
44. Application of *Bacillus* spp. for Sustainable Cultivation of Potato (*Solanum tuberosum* L.) and the Benefits / A. R. Devi [et al.] // Bacilli and Agrobiotechnology; editors: M. T. Islam [et al.]. – Cham: Springer International Publishing AG, 2016. – P. 185–212.

45. Hopkins, B. G. Improving Phosphorus Use Efficiency Through Potato Rhizosphere Modification and Extension / B. G. Hopkins, D. A. Horneck, A. E. MacGuidwin // *American Journal of Potato Research*. – 2014. – Vol. 91, № 2. – P. 161–174.
46. Porter, G. A. Effects of several microbial seedpiece treatments on emergence, yield, tuber defects, tuber size distribution, and specific gravity of Katahdin and Russet Burbank potatoes in Maine / G. A. Porter, H. J. Murphy // *American Potato Journal*. – 1983. – Vol. 60, № 3. – P. 179–187.
47. Пусенкова, Л. И. Эффективность природных регуляторов роста в активации продукционного процесса и устойчивости к болезням растений картофеля / Л. И. Пусенкова, И. В. Максимов, И. С. Марданшин // *Достижения науки и техники АПК*. – 2011. – № 8. – С. 31–33.
48. Биопрепараты для защиты картофеля от болезней / Л. И. Пусенкова [и др.] // *Защита и карантин растений*. – 2010. – № 10. – С. 26–28.
49. Хайбуллин, М. М. Влияние минеральных удобрений и фитоспорина на качество клубней картофеля сорта Симфония / М. М. Хайбуллин, Э. Г. Бураканова, Р. Р. Хазетдинов // *Вестн. Башкирского ГАУ*. – 2005. – № 6. – С. 12–13.
50. Аминев, И. Н. Влияние биопрепаратов на поражаемость, урожайность и качество картофеля / И. Н. Аминев, М. М. Хайбуллин // *Достижения науки и техники АПК*. – 2011. – № 3. – С. 30–32.
51. Аминев, И. Н. Влияние биопрепаратов на качество клубней картофеля в условиях южной лесостепи Республики Башкортостан / И. Н. Аминев, М. М. Хайбуллин, Ф. Ф. Ишкинина // *Вестн. Башкирского ГАУ*. – 2012. – № 1. – С. 5–7.
52. Трапезников, В. П. Формирование урожая зерновых культур и картофеля при применении регуляторов роста на серых лесных почвах Предуралья Республики Башкортостан: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.01.09 / В. П. Трапезников; Башкирский гос. аграр. ун-т. – Уфа, 2009. – 32 с.
53. Трапезников, В. П. Регулятор роста ГУМИ на картофеле / В. П. Трапезников // *Земледелие*. – 2005. – № 1. – С. 37.
54. Охлопкова, П. П. Влияние экологически безопасных препаратов на распространенность болезней и урожайность картофеля / П. П. Охлопкова, Р. Д. Васильева, М. Н. Иванова // *Достижения науки и техники АПК*. – 2013. – № 6. – С. 28–29.
55. Охлопкова, П. П. Влияние биологических препаратов на урожайность и качество картофеля / П. П. Охлопкова, М. Н. Иванова // *Вестн. Бурятской ГСХА им. В. Р. Филиппова*. – 2014. – № 3. – С. 82–86.
56. Коршунов, А. В. Эффективность лигногуматов и комплексного удобрения акварин-12 на культуре картофеля / А. В. Коршунов // *Достижения науки и техники АПК*. – 2009. – № 11. – С. 17–19.
57. Чепл, Я. Результаты чешско-российских исследований по применению лигногуматов и хелатов в картофелеводстве / Я. Чепл // *Достижения науки и техники АПК*. – 2011. – № 4. – С. 36–39.

58. Зубарев, А. А. Влияние междурядных обработок и гуминового удобрения на продуктивность картофеля / А. А. Зубарев, И. Ф. Каргин, А. Н. Папков // Достижения науки и техники АПК. – 2011. – № 2. – С. 24–25.

59. Грехова, И. В. Капсулированный гуматизированный карбамид повышает урожай, улучшает качество продукции / И. В. Грехова, Е. Г. Козел, Г. Н. Филисюк // Картофель и овощи. – 2005. – № 4. – С. 28.

60. Андрианов, А. Д. Система биологической защиты раннего картофеля от болезней / А. Д. Андрианов, Д. А. Андрианов // Биологическая защита растений – основа стабилизации агроэкосистем: материалы докл. междунар. науч.-практ. конф., 29 сент. – 1 окт. 2004 г.: в 3 вып / РАСХН, отд-ние защиты растений, отд-ние растениеводства и др.; под ред. В. Д. Надикты [и др.]. – Краснодар: ВНИИ биологической защиты растений РАСХН, 2004. – Вып 3. – С. 219–221.

61. Андрианов, А. Д. Биологизированная система защиты от болезней в интегральной агротехнологии раннего картофеля / А. Д. Андрианов, Д. А. Андрианов // Фитосанитарное оздоровление экосистем. Второй Всероссийский съезд по защите растений, Санкт-Петербург, 5–10 декабря 2005 г.: материалы съезда: в 2 т. / МСХ Рос. Федерации, Россельхозакадемия, ВНИИЗР, Инновацион. центр по защите растений. – СПб: ВИЗР, 2005. – Т. 2. – С. 506–507.

62. Андрианов, А. Д. Удобрения и фиторегуляторы повышают иммунитет и продуктивность раннего картофеля / А. Д. Андрианов, Д. А. Андрианов // Картофель и овощи. – 2006. – № 4. – С. 11–12.

63. Андрианов, А. Д. Индуцированный иммунитет растений к болезням – основа биологизированной системы защиты раннего картофеля в Республике Башкортостан / А. Д. Андрианов, Д. А. Андрианов, В. И. Костин // Биоцено-тическая регуляция – основа современных фитосанитарных технологий: сборник материалов Междунар. симпозиума. Информ. Восточнопалеарктической региональной секции Междунар. организации по биологической борьбе с вредными животными и растениями (ВПРС МОББ). – СПб.: Всерос. НИИ защиты растений, 2007. – № 38. – С. 16–19.

64. Методика исследований по защите картофеля от болезней, вредителей, сорняков и иммунитету / Рос. акад. с.-х. наук, ГНУ ВНИИКХ им. А. Г. Лорха, Акционерное общество «Персек»; сост. А. С. Воловик [и др.]. – М., 1995. – 107 с.

65. Методика исследований по культуре картофеля / Отд-ние растениеводства и селекции Всесоюз. акад. с.-х. наук им. В. И. Ленина; НИИ картофельного хозяйства; редкол.: Н. А. Андриюшина [и др.]; отв. ред. Н. С. Баца-нов. – М., 1967. – 263 с.

66. Методика физиолого-биохимических исследований картофеля / В. П. Кирюхин и др. / Госагропром Нечерноземной зоны РСФСР; НИИ картофельного хозяйства. – М.: НИИ картофельного хозяйства, 1989. – 142 с.

67. Методические указания по применению пестицидов в биологизированной системе защиты картофеля от болезней и вредителей: методический

материал. / Рос. акад. с.-х. наук, НИИ картофельного хозяйства; подгот.: А. С. Воловик, В. М. Глез, В. И. Седова. – М.: НИИ картофельного хозяйства. – 2000. – 13 с.

68. Андрианов, А. Д. Сорты картофеля для Республики Башкортостан: каталог / А. Д. Андрианов, Д. А. Андрианов / ФГБОУ ВПО Башкирский ГАУ. – Уфа: Башкирский ГАУ, 2012. – С. 51–55.

Поступила в редакцию 23.11.2017 г.

A. D. ANDRIANOV, D. A. ANDRIANOV

## **BIOPREPARATION FOR EARLY POTATOES**

### **SUMMARY**

*The time and application methods of Gumi-20M and Fitosporin-M at various doses of introduction of full fertilizer on early potatoes of studied terms and methods of application the variety Nevsky were obtained in the field experiment. In integrated agrotechnologies of early potatoes, triple processing Gumi-20M is possible and application of Fitosporina-M isn't proved.*

*Key words: Solanum tuberosum L., yield and quality of tubers, Lingcom of brown coal, macro- and microelements, Bacillus subtilis 26D.*



УДК 235.61:632.38

**В. А. Козлов, Н. В. Русецкий, А. В. Чашинский**

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

## **ИЗУЧЕНИЕ РАСПРОСТРАНЕННОСТИ И СТРУКТУРЫ ПОПУЛЯЦИЙ ВИРУСНЫХ БОЛЕЗНЕЙ КАРТОФЕЛЯ В ГОМЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ**

### **РЕЗЮМЕ**

*Приведены результаты изучения распространенности и структуры популяций вирусных болезней картофеля в Гомельской области. Установлено, что относительно благоприятная вирусологическая обстановка в посадках картофеля сложилась в Жлобинском и Речицком районах. Наиболее пораженные посадки картофеля вирусной инфекцией выявлены в Житковичском и Рогачевском районах. Вирус желтой карликовости картофеля (*Potato yellow dwarf virus PYDV*) выявлен на сорте Уладар в СПК «Красная армия» Рогачевского района.*

*Ключевые слова:* картофель, сорт, вирусные болезни, репродукция, ИФА, Гомельская область, Беларусь.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Вирусные болезни картофеля широко распространены и являются основной причиной вырождения сортов, приводя к значительным потерям урожая. Из описанных в литературе вирусов картофеля, которые, в свою очередь, имеют большое количество штаммов, 6–9 вызывают значительный вред посадкам картофеля [1].

Вирусы распространены во всех странах и регионах, где возделывается картофель, однако видовой их состав и степень пораженности посадок картофеля различны в зависимости от природных и хозяйственных условий, сортов, состояния семеноводства. К настоящему времени в мире известно около 30 вирусов картофеля. В Республике Беларусь повсеместно распространены вирусы X (PVX), Y (PVY), M (PVM), L (PLRV) и S (PVS). Ограниченное распространение имеют вирусы A (PVA), F (PAMV), вирус метельчатости верхушки картофеля или моп-топ вирус (PMTV), вирус черной пятнистости томатов (TBRV), вирус мозаики люцерны или калико (AMV), вирус пестростебельности картофеля или Rattle-вирус (TRV) [2].

Внешнее проявление поражения отдельными вирусами подразделяют на следующие симптомы: морщинистая мозаика, полосчатая мозаика, обыкновенная

мозаика, крапчатость, мозаичное закручивание листьев, скручивание листьев, аукуба-мозаика и складчатая мозаика. Проявление заболевания зависит от вида вируса, штамма, наличия смешанной инфекции, реакции генотипа растения-хозяина на заражение, а также от влияния факторов внешней среды (условий почвенного питания, температуры, влажности, освещенности и др.).

В странах Евросоюза и Российской Федерации к карантинным вирусам отнесены: Андийский комовирус крапчатости картофеля, Андийский латентный тимовирус картофеля, Криновир вирус пожелтения жилок картофеля, Вирус желтой карликовости картофеля, Неповирус черной кольцевой пятнистости картофеля. В Республике Беларусь данные вирусы не включены в перечень карантинных объектов, и обследование посадок картофеля на распространенность данных вирусов не проводилось.

Зачастую по внешним симптомам бывает весьма трудно установить, каким конкретно вирусом поражено растение, так как во многих случаях восприимчивые к нескольким вирусам растения поражены смешанной вирусной инфекцией, симптомы при которой могут варьировать в широких пределах. Особую опасность представляет латентная форма инфекции, при которой у растения носителя вируса нет внешних признаков заболевания. Посадка картофеля такими клубнями приводит к потере в последующих репродуктивных поколениях до 75–85 % урожая и снижения крахмала в клубнях до 4 %. Поэтому визуальная диагностика служит лишь предварительным основанием для установления типа заболевания. Выявление же конкретного возбудителя болезни и отбор здорового семенного материала необходимо осуществлять более достоверными методами диагностики с использованием метода иммуноферментного анализа (далее – ИФА).

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Материалом для исследований служили посадки картофеля различных категорий хозяйств шести районов Гомельской области: Октябрьского, Жлобинского, Рогачевского, Добрушского, Речицкого и Житковичского. Оценка состояния посадок картофеля проводили в 2017 г. в период бутонизации-цветения визуально, по внешним симптомам вирусных болезней и методом ИФА. С каждого исследуемого участка отбиралось по 50 проб для выявления скрытой вирусной инфекции и дифференциации вирусов ХВК, УВК, СВК, МВК, ВСЛК, АВК, а также растения со схожими симптомами Андийского комовируса крапчатости картофеля, Андийского латентного тимовируса картофеля, Криновир вирус пожелтения жилок картофеля, Вируса желтой карликовости картофеля, Неповируса черной кольцевой пятнистости картофеля, описанными в литературе. Из всех отобранных проб при помощи электрического пресса проведена экстракция сока в микропробирки объемом 1,5 мл, которые закладывали на хранение в морозильную камеру при температуре –18 °С. Анализ проб на наличие вирусной инфекции был осуществлен при помощи ИФА метода, который выполнялся сотрудниками лаборатории иммунодиагностики картофеля

РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству» в соответствии с методическими рекомендациями научно-практического объединения по картофелеводству [3] и инструкций фирм производителей наборов.

Визуальный учет вирусных болезней проводили согласно описанным в литературе симптомам вирусных болезней [4, 5, 6].

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В **Жлобинском районе** обследованы посадки картофеля КСУП «Агро-Коротковичи», ОАО «Свердловский», ОАО «Нива», частного сектора.

В КСУП «Агро-Коротковичи» на сорте Маг (элита), по результатам визуальной оценки отмечено мозаичное закручивание у 16 % растений, еще 8 % растений имели симптомы скручивания. На сорте Уладар (3-я репродукция) и Вектар (1-я репродукция) выявлены симптомы мозаики – 58 и 36 % растений соответственно. В ОАО «Свердловский» высажена сортосмесь, отмечено 48 % растений с мозаичным закручиванием. В ОАО «Нива» на сорте Бриз (1-я репродукция) выявлено 40 % растений с мозаичным закручиванием и 20 % растений с крапчатостью; на сорте Вектар (суперэлита) – 40 % растений с мозаичным закручиванием; на сорте Рагнеда (элита) – 56 % растений с мозаичным закручиванием и 16 % – с крапчатостью.

На полях частного сектора № 1 обнаружено 44 % растений с мозаичным закручиванием и 8 % растений с мозаикой, в частном секторе № 2 – 60 % растений с мозаичным закручиванием.

В целом по Жлобинскому району наиболее часто отмечались признаки мозаичного закручивания – 41,5 % от всех проанализированных растений. Симптомы скручивания мозаики и крапчатости были единичны и составили 0,58; 6,4 и 4,1 % соответственно.

В **Добрушском районе** обследованы поля фермерского хозяйства «Пром-агроторг», ОАО «Жгунское», КСУП «Агрокомбинат «Новый путь», частного сектора.

В фермерском хозяйстве «Пром-агроторг» на сорте Ред Анна (1-я репродукция) отмечено 54 % растений с мозаичным закручиванием; на сорте Джувал (1-я репродукция) выявлено 25 % растений с мозаичным закручиванием и 36 % – с крапчатостью; на сорте Гала (3-я репродукция) внешних симптомов вирусных болезней не обнаружено. В ОАО «Жгунское» на сорте Янка (3-я репродукция) выявлено 44 % растений с мозаичным закручиванием и 36 % растений с признаками мозаики. В КСУП «Агрокомбинат «Новый путь» на сорте Уладар (3-я репродукция) отмечено 56 % растений с мозаичным закручиванием, 4 – с мозаикой и 6 % – с крапчатостью.

В частном секторе № 1 выявлено 60 % растений с мозаичным закручиванием, 44 – с крапчатостью и 6 % – со скручиванием. В частном секторе № 2 отмечено 24 % растений с мозаичным закручиванием, 24 – с крапчатостью и 6 % – со скручиванием.

В целом по Добрушскому району выявлено 47,3 % растений с признаками мозаичного закручивания, 12,0 – с крапчатостью, 7,3 – со скручиванием и 2,6 % – с мозаикой.

В **Рогачевском районе** обследованы поля ГСХУ «Турская сортоиспытательная станция», СПК «Красная армия», ОАО «Экспериментальная база «Довск», частного сектора

В ГСХУ «Турская сортоиспытательная станция» на сортах Уладар (элита) и Вектар (элита) отмечено 36 и 30 % соответственно растений с мозаичным закручиванием. На сорте Бриз (1-я репродукция) – 30 % растений с мозаичным закручиванием и 10 % – с признаками мозаики. В СПК «Красная армия» на сорте Уладар (5-я репродукция) выявлено 34 % растений с мозаичным закручиванием, 4 – с мозаикой, 14 % – с крапчатостью. В ОАО «Экспериментальная база «Довск» на сорте Уладар (3-я репродукция) 100 % растений имели признаки мозаичного закручивания. На сорте Янка (1-я репродукция) отмечено 60 % растений с мозаичным закручиванием; на сорте Скарб (2-я репродукция) – 50 % растений с мозаичным закручиванием и 30 % – с крапчатостью.

В частном секторе № 1 обследованные растения имели мозаичное закручивание 50 % растений, мозаику – 14, полосчатую мозаику – 4, крапчатость – 10, скручивание – 4 %. В частном секторе № 2 мозаичное закручивание выявлено у 56 % растений, мозаика – у 20 и крапчатость – у 4 % растений.

В целом по району 45 % растений имели симптомы мозаичного закручивания, 11,6 – мозаики, 22 – скручивания, 0,6 – полосчатой мозаики и 6,1 % – крапчатости.

В **Октябрьском районе** обследованы поля ОАО «Ломовичи», ГСХУ «Октябрьская сортоиспытательная станция», ОАО «Бумажково-агро», частного сектора.

В ОАО «Ломовичи» 36 % обследованных растений сорта Лилея (1-я репродукция) имели мозаичное закручивание, 4 – скручивание, 14 % – крапчатость. На сорте Янка (1-я репродукция) выявлено 36 % растений с мозаичным закручиванием и 20 % – с мозаикой. В ГСХУ «Октябрьская сортоиспытательная станция» на сорте Уладар (элита) отмечено 50 % растений с мозаичным закручиванием и 20 % – со скручиванием; на сорте Бриз (элита) – 70 % мозаичного закручивания и 20 % – скручивания; на сорте Манифест (элита) – 20 % растений с симптомами мозаичного закручивания; на сорте Скарб (элита) – 50 % с мозаичным закручиванием, 30 % – со скручиванием и 20 % – с мозаикой. В ОАО «Бумажково-агро» на сортосмеси выявлено 30 % растений с мозаичным закручиванием, 4 – со скручиванием и 16 % – с крапчатостью.

В частном секторе № 1 мозаичное закручивание имели 30 % растений, мозаику – 24 и скручивание – 20 %. В частном секторе № 2 мозаичное закручивание имели 66 % обследованных растений, 6 – скручивание, 4 – мозаику и 4 % – полосчатую мозаику.

Результаты визуального обследования показали, что наибольшее распространение в посадках картофеля в Октябрьском районе имеет мозаичное

закручивание – 43,3 %, затем мозаика – 12,8, скручивание – 6,6, крапчатость – 4,4 и полосчатая мозаика – 0,5 %.

В **Речицком районе** обследованы поля ОАО «50 лет Октября», КСУП «Агрокомбинат «Холмеч», КСУП «Дзержинский-агро», частного сектора.

В ОАО «50 лет Октября» 46 % обследованных растений сорта Вектар (элита) и 40 % растений сорта Маг (элита) имели симптомы мозаичного скручивания. В КСУП «Агрокомбинат «Холмеч» на сортах Талачынски и Уладар (суперэлита), отмечено 20 и 40 % соответственно растений с мозаичным скручиванием; на сортосмеси – 26 % растений с симптомами мозаичного скручивания, 14 – со скручиванием, 14 – с мозаикой, 26 – с крапчатостью и 12 % – с морщинистой мозаикой. В КСУП «Дзержинский-агро» на сортосмеси выявлено 36 % растений с мозаичным скручиванием, 6 – с мозаикой и 4 % – с крапчатостью.

В частном секторе № 1 мозаичное скручивание имели 40 % растений, 16 – мозаику, 14 – скручивание и 12 % крапчатость. В частном секторе № 2 40 % обследованных растений имели мозаичное скручивание, 16 – мозаику, 10 – крапчатость и 4 % – полосчатую мозаику.

В целом по Речицкому району выявлено 37,1 % растений с признаками мозаичного скручивания, 7,4 – с мозаикой, 6,3 – с крапчатостью, 3,4 – со скручиванием, 1,1 – с морщинистой мозаикой и 0,57 % – с полосчатой мозаикой.

В **Житковичском районе** обследованы поля КСУП «Белев», КСУП «Коленское», частного сектора.

В КСУП «Белев» на сорте Архидея (3-я репродукция) 50 % обследованных растений имели мозаичное скручивание, 30 – скручивание и 30 % – крапчатость. На сорте Скарб (2-я репродукция) отмечены симптомы мозаичного скручивания – 40 %, мозаики – 20 и скручивания – 10 %; на сорте Вектар (2-я репродукция) выявлены симптомы мозаичного скручивания у 70 % растений; на сорте Ласунок (3-я репродукция) 70 % растений имели признаки мозаики и 30 % – скручивания. В КСУП «Коленское» на сорте Скарб (1-я репродукция) 70 % растений имели симптомы мозаичного скручивания, 24 – скручивания и 4 % – крапчатости.

В частном секторе № 1 мозаичное скручивание имели 94 % растений, 6 % – мозаику. В частном секторе № 2 у 20 % обследованных растений отмечено мозаичное скручивание, 54 – мозаика, 4 – крапчатость и 6 % – скручивание. В частном секторе № 3 у 4 % растений выявлено мозаичное скручивание, 40 – мозаика, 14 – крапчатость и 4 % – скручивание.

В целом по Житковичскому району мозаичное скручивание имели 52,5 % обследованных растений, мозаику – 24,4, скручивание – 10 и крапчатость – 5,6 % растений.

Анализируя по внешним симптомам вирусных болезней вирусологическую ситуацию в шести районах Гомельской области необходимо отметить, что наиболее часто на растениях картофеля отмечались признаки мозаичного скручивания – 44,3 % и мозаики – 10,9 %. Скручивание, крапчатость, морщинистая мозаика, полосчатая мозаика имели локальное распространение и в целом не превысили 6,3 % от общего количества изученных растений.

РАЗДЕЛ 3. ИММУНИТЕТ И ЗАЩИТА КАРТОФЕЛЯ

Проведенный ИФА показал, что по распространенности вирусов в Гомельской области лидирует вирус М, затем следует вирус S, далее – вирусы Y и X. Вирус L не имеет широкого распространения. Вирус А в посадках картофеля Гомельской области не обнаружен (табл.).

Таблица – Распространенность вирусов в посадках картофеля Гомельской области, ИФА

Хозяйства, сорта, репродукция	Вирусы, %					
	X	Y	S	L	M	A
<b>Жлобинский район</b>						
КСУП «Агро Коротковичи»:						
Маг (элита)	–	–	22	–	42	–
Уладар (3-я репродукция)	–	–	20	–	40	–
Вектар (1-я репродукция)	–	–	30	–	16	–
Янка (2-я репродукция)	–	28	–	–	14	–
ОАО «Свердловский» – сортосмесь	–	28	–	4	14	–
ОАО «Нива»:						
Бриз (1-я репродукция)	–	–	–	–	–	–
Вектар (суперэлита)	–	–	38	–	–	–
Рагнеда (элита)	–	–	–	–	20	–
Частный сектор № 1	42	26	64	–	64	–
Частный сектор № 2	52	36	74	–	90	–
Итого по району	9,4	11,8	24,8	1,6	30	–
<b>Добрушский район</b>						
КФХ «Промагроторг»:						
Ред Анна (1-я репродукция)	12	24	64	–	18	–
Джувал (1-я репродукция)	8	–	64	–	18	–
Гала (3-я репродукция)	10	10	40	–	10	–
ОАО «Жгунское» – Янка (2-я репродукция)	–	–	–	–	20	–
КСУП «Агрокомбинат «Новый путь» –						
Уладар (3 репродукция)	–	16	16	–	100	–
Частный сектор № 1	–	26	34	–	68	–
Частный сектор № 2	–	78	40	–	44	–
Итого по району	4,3	22,0	37,8	–	39,7	–
<b>Рогачевский район</b>						
ГСХУ «Турская сортоиспытательная станция»:						
Уладар (элита)	–	–	2	–	48	–
Вектар (элита)	–	40	25	–	–	–
Бриз (элита)	20	80	–	–	–	–
СПК «Красная армия» – Уладар (5-я репродукция)	10	90	40	–	80	–
ОАО «Экспериментальная база «Довск»:						
Уладар (3-я репродукция)	–	–	10	–	80	–
Янка (1-я репродукция)	–	–	10	–	–	–
Скарб (2-я репродукция)	–	90	70	10	–	–
Рагнеда (1-я репродукция)	–	–	–	20	–	–
Частный сектор № 1	70	30	78	58	100	–

РАЗДЕЛ 3. ИММУНИТЕТ И ЗАЩИТА КАРТОФЕЛЯ

Окончание таблицы

Хозяйства, сорта, репродукция	Вирусы, %					
	X	Y	S	L	M	A
Частный сектор № 2	80	8	62	–	100	–
Итого по району	18,0	33,8	30,8	8,8	40,2	–
<b>Октябрьский район</b>						
ОАО «Ломовичи»:						
Лиляя (1-я репродукция)	–	–	27	–	81	–
Рагнеда (2-я репродукция)	4	92	12	–	100	–
Янка (1-я репродукция)	–	–	–	–	–	–
ГСХУ «Октябрьская сортоиспытательная станция»:						
Бриз (элита)	–	20	40	–	100	–
Уладар (элита)	–	–	20	–	100	–
Манифест (элита)	–	20	–	–	30	–
Скарб (элита)	–	70	60	–	100	–
ОАО «Бумажково-агро» – Уладар (5-я репродукция)	8	30	–	–	14	–
Частный сектор № 1	–	20	30	–	84	–
Частный сектор № 2	42	24	62	–	100	–
Итого по району	5,4	27,6	27,2	–	71,0	–
<b>Речицкий район</b>						
ОАО «50 лет Октября»:						
Вектар (элита)	–	–	22	–	32	–
Маг (элита)	–	10	–	–	100	–
КСУП «Агрокомбинат «Холмеч»:						
Талачынски	–	–	14	–	46	–
Уладар (суперэлита)	–	8	–	–	–	–
Сортосмесь	–	94	26	–	14	–
КСУП «Дзержинский-агро» – сортосмесь	–	18	25	–	94	–
Частный сектор № 1	4	46	46	–	60	–
Частный сектор № 2	–	38	44	–	10	–
Итого по району	0,5	29,2	21,7	–	44,5	–
<b>Житковичский район</b>						
КСУП «Белев»:						
Архидея (3-я репродукция)	18	54	36	–	18	–
Скарб (2-я репродукция)	–	64	90	–	46	–
Вектар (2-я репродукция)	–	12	12	–	44	–
Ласунак (3-я репродукция)	100	40	40	–	50	–
КСУП «Коленское» – Скарб (1-я репродукция)	–	78	70	–	76	–
Частный сектор № 1	10	12	12	8	98	–
Частный сектор № 2	26	20	16	–	100	–
Частный сектор № 3	12	16	20	12	80	–
Итого по району	32,0	37,0	37,0	1,4	63	0
<b>Итого по области</b>	<b>9,7</b>	<b>22,5</b>	<b>24,7</b>	<b>0,01</b>	<b>40,6</b>	<b>0</b>

Относительно благоприятная вирусологическая обстановка в посадках картофеля наблюдается в Жлобинском и Речицком районах. Наиболее пораженные посадки картофеля вирусной инфекцией выявлены в Житковичском и Рогачевском районах. Максимальное количество пораженных растений картофеля вирусами X и Y было в Житковичском районе – 32,0 и 37,0 % соответственно, вирусом L – в Рогачевском (8,8 %), вирусом S – в Добрушском (37,8), Вирусом M – в Октябрьском районе (71,0 %).

В целом по области основное распространение имеют вирус M – 40,6 %, вирус S – 24,7 и вирус Y – 22,5 %. Распространенность вируса X составила 9,7 %. Вирус L встречается довольно редко и его распространение имеет локальный характер. Вируса A в посадках картофеля в Гомельской области не обнаружено.

В разрезе хозяйств наиболее благоприятная вирусологическая обстановка отмечена в Жлобинском районе – ОАО «Свердловский», в Добрушском – ОАО «Жгунское», в Октябрьском – ОАО «Бумажково-агро», в Речицком – КСУП «Агрокомбинат «Холмеч». В Житковичском и Рогачевском районах все обследованные хозяйства имели сильное поражение посадок картофеля вирусной инфекцией.

ИФА на наличие карантинных вирусов: Андийского комовируса крапчатости картофеля, Андийского латентного тимовируса картофеля, Кринивируса пожелтения жилок картофеля, Вируса желтой карликовости картофеля, Неповируса черной кольцевой пятнистости картофеля показал наличие Вируса желтой карликовости картофеля (Potato yellow dwarf virus PYDV) на сорте Уладар в СПК «Красная армия» Рогачевского района.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Результаты визуального обследования растений картофеля показали, что наибольшее распространение в посадках картофеля в Гомельской области имеет мозаичное скручивание – 44,3 % и мозаика – 11,3 %. Скручивание, крапчатость, морщинистая мозаика, полосчатая мозаика имели локальное распространение и в целом не превысили 6,3 % от общего количества изученных растений.

Наибольшее количество растений картофеля с мозаичным скручиванием, мозаикой и скручиванием выявлено в Житковичском районе – 52,5; 24,7 и 10 % соответственно; с крапчатостью – в Добрушском районе (12 %). Морщинистая мозаика выявлена в Октябрьском районе – 1,1 % от общего числа проанализированных растений, полосчатая мозаика – в Рогачевском (0,5), Октябрьском (0,5) и Речицком (0,6 %) районах.

Проведенный ИФА на наличие скрытой вирусной инфекции показал, что относительно благоприятная вирусологическая обстановка в посадках картофеля складывается в Жлобинском и Речицком районах. Наиболее пораженные посадки картофеля вирусной инфекцией выявлены в Житковичском и Рогачевском районах. Максимальное количество пораженных растений картофеля вирусами X и Y было в Житковичском районе – 32,0 и 37,0 % соответственно, вирусом L – в Рогачевском (8,8), вирусом S – в Добрушском (37,8), вирусом M – в Октябрьском районе (71,0 %).



В разрезе хозяйств наиболее благоприятная вирусологическая обстановка отмечена в Жлобинском районе – ОАО «Свердловский», Добрушском – ОАО «Жгунское», Октябрьском – ОАО «Бумажково-агро» и в Речицком районе – КСУП «Агрокомбинат «Холмеч». В Житковичском и Рогачевском районах все обследованные хозяйства имели сильное поражение посадок картофеля вирусной инфекцией.

ИФА на наличие карантинных вирусов: Андийского комовируса крапчатости картофеля, Андийского латентного тимовируса картофеля, Кринивируса пожелтения жилок картофеля, Вируса желтой карликовости картофеля, Неповируса черной кольцевой пятнистости картофеля показал наличие Вируса желтой карликовости картофеля (Potato yellow dwarf virus PYDV) на сорте Уладар в СПК «Красная армия» Рогачевского района.

### Список литературы

1. Schuhman, P. Auswirkungen des Virusbesetzen auf die Hohe des Knollenertrages / P. Schuhman // Kartoffelbau. – 1994. – Bd. 45. – S. 238–241.
2. Блоцкая, Ж. В. Вирусные, вириодные и фитоплазменные болезни картофеля / Ж. В. Блоцкая. – Минск: Тэхналогія, 2000. – 119 с.
3. Инструкция по использованию иммуноферментного диагностического набора для определения вирусов картофеля // Рос. с.-х. академия, науч.-практ. об-ние по картофелеводству. – Коренево, 1993. – 9 с.
4. Le Romancer, M. Biological characterization of various geographical isolates of potato virus Y inducing superficial necrosis on potato tubers / M. Le Romancer, C. Kerlan, M. Nedellec // Plant Pathology. – 1994. – Vol. 43. – P. 138–144.
5. Вайдемманн, Х. Л. Новый опасный штамм вируса Y картофеля в Европе / Х. Л. Вайдемманн, Д. Шпаар, Ж. В. Блоцкая // Вес. ААН Респ. Беларусь. – 1999. – № 1. – С. 48–51.
6. Potato diseases (diseases, pests and defects) / A. Mulder [et all.] // NIVAP. – 2005. – 280 p.

Поступила в редакцию 16.11.2017 г.

V. A. KOZLOV, N. V. RUSSETSKIY, A. V. CHASHINSKIY

## PREVALENCE AND POPULATIONS STRUCTURE RESERACH OF VIRAL POTATOES DISEASES IN GOMEL REGION

### SUMMARY

*The results on the prevalence and populations structure research of viral potatoes diseases in Gomel region are presented in the article. It is demonstrated that in Rechitskiy and Zhlobin districts there is a relatively favorable virological situation for potato planting. The most problematic districts are Zhitkovichskiy and Rogachevskiy. The potato yellow dwarf virus PYDV was detected for the Uladar variety on the territory of the APC «Krasnaya Armiya» in Rogachevskiy district.*

**Key words:** potatoes, variety, viral diseases, reproduction, ELISA, Gomel region, Belarus.

УДК 631.524.86:632.444.1

**И. В. Леванцевич**

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

## **ОЦЕНКА СЕЛЕКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА НА УСТОЙЧИВОСТЬ К РАНЕВОЙ ВОДЯНИСТОЙ ГНИЛИ**

### **РЕЗЮМЕ**

*Представлены результаты изучения устойчивости гибридов конкурсного и предварительного сортоиспытания к раневой водянистой гнили за двухлетний период 2016–2017 гг.*

*Ключевые слова:* картофель, оценка, устойчивость, гибриды, раневая водянистая гниль

### **ВВЕДЕНИЕ**

Поражение картофеля болезнями во время вегетации и хранения вызывает потери урожая, которые достигают 30–50 % и более [5].

Высокие потери урожая от болезней объясняются биологическими особенностями самого растения-хозяина и степенью приспособленности к нему возбудителей болезней, которые на картофеле развиваются в течение круглого года: от посадки в поле до закладки на хранение, и затем во время хранения [3, 5].

Раневая водянистая гниль клубней даже при небольшой распространенности способна приносить существенный ущерб, что вызвано отсутствием разработанных мер защиты и быстрым развитием болезни при поражении клубней. Возбудителями заболевания являются оомицеты рода *Pythium*. [4, 7]. По современным представлениям оомицеты рода *Pythium* относятся к царству *Cromista*, отдел *Oomycota*, класс *Oomycetes*, порядок *Pythiales*, семейства *Pythiaceae* [2].

Болезнь отмечена в Великобритании, Индии, Средней Азии. В настоящее время раневая водянистая гниль клубней получила широкое распространение и в Беларуси, особенно в годы сухого и жаркого лета (в Гомельской, Брестской, Гродненской и Минской областях, где ее распространение на отдельных партиях сортов достигало 8–10 %) [3, 4].

Выведение устойчивых сортов остается самым эффективным и экологически безопасным методом борьбы с клубневыми гнилями [1]. Селекция картофеля на устойчивость к оомицетам рода *Pythium* в значительной степени определяется эффективностью методов оценки и отбора селекционного

материала. Существенным фактором является изучение потенциала генетической устойчивости картофеля к болезни для получения и внедрения сортов, устойчивых к раневой водянистой гнили [8].

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Материалом для исследований служили: сорта и гибриды картофеля, чистые культуры возбудителей раневой водянистой гнили.

Для заражения использовали 5-миллиметровые кусочки трехдневной чистой культуры гриба *Pythium ultimum* Trow var. *Ultimum*, выращенной на питательной среде картофельно-глюкозный агар.

Перед инокуляцией возбудителем раневой водянистой гнили клубни тщательно отмывали в проточной воде и просушивали. Стерилизовали с поверхности этиловым спиртом и слегка обжигали. На клубне вырезали кусочек ткани. В полученное отверстие помещали кусочек агара диаметром 5 мм с активно растущей культурой гриба *Pythium ultimum* Trow var. *Ultimum*. Отверстие с помещенным в него инфекционным материалом закрывали ранее удаленным кусочком ткани. Зараженные клубни инкубировали в условиях 100 %-й влажности при температуре 20–22 °С в течение 6 суток.

Устойчивость образцов картофеля, прошедших период инкубации, определяли по степени пораженности тканей клубня по нижеприведенной шкале (табл. 1) [6].

Таблица 1 – Шкала оценки клубней на устойчивость к раневой водянистой гнили

Балл устойчивости	Степень устойчивости	Объем пораженной ткани клубня
9	Высокая	Некрозы отсутствуют
7	Относительно высокая	Поражено до 1/3 ткани клубня
5	Средняя	Поражено от 1/3 до 2/3 ткани клубня
3	Низкая	Поражено более 2/3 ткани клубня
1	Очень низкая	Полная гибель клубня

Полученные результаты статистически обрабатывали с использованием программы Microsoft Excel 2010.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В 2016 г. на устойчивость к раневой водянистой гнили было оценено 86 селекционных гибридов и 8 сортов стандартов. Из них относительно высокой устойчивостью обладали 15 (17,4 %), средней устойчивостью – 41 (47,7 %), низкой – 14 (16,3 %), очень низкой – 16 (18,6 %).

В 2017 г. был оценен 81 селекционный гибрид и 6 сортов стандартов. Относительно высокой устойчивостью обладали 7 (8,6 %) гибридов, средней устойчивостью – 54 (66,7 %), низкой – 17 (21 %), очень низкой – 3 (3,7 %).

Относительно устойчивые образцы отмечались как в 2016 (17,4 %), так и в 2017 г. (8,6 %). Стоит отметить, что показатели среднеквадратичного

РАЗДЕЛ 3. ИММУНИТЕТ И ЗАЩИТА КАРТОФЕЛЯ

отклонения и дисперсии выборки были значительно выше в 2016 г. и составили  $\pm 1,91$  и 3,65 соответственно, что, по нашему мнению, может быть обусловлено генетическими особенностями селекционного материала, который предоставлялся для оценки (табл. 2).

Среди 30 сортообразцов, которые оценивались на протяжении двухлетнего периода (2016–2017 гг.), только гибрид 41-11-5 проявил относительно высокую степень устойчивости. Также стоит отметить гибриды под номерами 29-08-7, 5-01-1, 77-10-2 и 8828-7, устойчивость которых варьировала от средней до относительно высокой (табл. 3).

Таблица 2 – Результаты оценки селекционного материала на устойчивость к раневой водянистой гнили, 2016–2017 гг.

Степень устойчивости	2016 г.		2017 г.	
	шт.	%	шт.	%
Высокая	0	0	0	0,0
Относительно высокая	15	17,4	7	8,6
Средняя	41	47,7	54	66,7
Низкая	14	16,3	17	21,0
Очень низкая	16	18,6	3	3,7
Всего	86	100	81	100
Средний балл $\pm \delta$	5,02 $\pm$ 1,91		5,24 $\pm$ 1,19	
Дисперсия выборки ( $S^2$ )	3,65		1,388	

Таблица 3 – Гибриды, прошедшие оценку на устойчивость к раневой водянистой гнили на протяжении двухлетнего периода (2016–2017 гг.)

Номер гибрида	2016 г.	Степень устойчивости	2017 г.	Степень устойчивости
072886-10	4,4	Низкая	4,2	Низкая
072899-8	5,8	Средняя	5,8	Средняя
092924-14	4,2	Низкая	6,2	Средняя
092924-52	3,6	Низкая	6,6	Средняя
092924-59	6,2	Средняя	5	Средняя
092947-9	5,8	Средняя	5,4	Средняя
092951-18	1,8	Очень низкая	4,6	Низкая
101995-10	6,2	Средняя	5,4	Средняя
102995-35	5,8	Средняя	5	Средняя
102995-4	5,8	Средняя	5	Средняя
102995-5	1,4	Очень низкая	5	Средняя
13-11-5	5,8	Средняя	5	Средняя
206.53-12	6,6	Средняя	4,6	Низкая
29-08-7	5,8	Средняя	7	Относительно высокая
3079-3	1,8	Очень низкая	5,8	Средняя
3079-3	1,8	Очень низкая	5,8	Средняя
3163-19	2,6	Очень низкая	5	Средняя
3199-1	4,2	Низкая	5,8	Средняя

Номер гибрида	2016 г.	Степень устойчивости	2017 г.	Степень устойчивости
3201-28	3	Низкая	5	Средняя
3283-7	4,2	Низкая	6,2	Средняя
3287-10	2,6	Очень низкая	5,8	Средняя
3287-12	2,6	Очень низкая	3,8	Низкая
41-11-5	7	Относительно высокая	7	Относительно высокая
5-10-1	5,8	Средняя	7	Относительно высокая
77-10-15	3	Низкая	5,4	Средняя
77-10-2	7	Относительно высокая	5	Средняя
8662-13	5,8	Средняя	3,8	Низкая
8662-17	5	Средняя	6,6	Средняя
8746-7	5	Средняя	5	Средняя
8828-7	7,4	Относительно высокая	5	Средняя

По результатам двухлетней оценки селекционного материала на устойчивость к раневой водянистой гнили гибридов с высокой устойчивостью обнаружено не было, что свидетельствует о высокой вирулентности возбудителя болезни *Pythium ultimum* Trow var. *Ultimum*.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

За период 2016–2017 гг. по признаку устойчивости к возбудителю раневой водянистой гнили *Pythium ultimum* Trow var. *Ultimum* было оценено 167 гибридов отдела селекции.

Среди изученного материала был выделен 21 образец с относительно высокой степенью устойчивости. Также был отмечен один сортообразец (41-11-5), который проявил относительно высокую устойчивость как в 2016, так и в 2017 г.

Также стоит отметить, что по результатам двухлетней оценки селекционного материала образцов с высокой устойчивостью обнаружено не было, что свидетельствует о высокой вирулентности возбудителя болезни *Pythium ultimum* Trow var. *Ultimum*.

### Список литературы

1. Будин, К. З. Генетические источники для улучшения и ускорения селекции картофеля / К. З. Будин // Селекция фитофтороустойчивых сортов картофеля: сб. науч. тр. / Львовский с.-х. ин-т. – Львов, 1982. – Т. 99. – С. 92–97.
2. Гирилович, И. С. Грибоподобные организмы (порядок Peronosporales) Беларуси / И. С. Гирилович. – Минск: БГУ, 2013. – 183 с.
3. Журомская, И. И. Новые болезни картофеля / И. И. Журомская / материалы Междунар. юбилейной научн.-практ. конф., посвящ. 75-летию Института

картофелеводства НАН Беларуси, Самохваловичи, 7–10 июля 2003 г. / Ин-т картофелеводства НАН Беларуси; редкол.: С. А. Банадысев [и др.]. – Минск, 2003. – Ч. 2. – С. 210–215.

4. Иванюк, В. Г. Современная фитопатологическая ситуация на картофеле и пути ее решения / В. Г. Иванюк, О. Т. Александров // Агриматко. – 2001. – № 1. – С. 11–14.

5. Иванюк, В. Г. Защита картофеля от болезней, вредителей и сорняков / В. Г. Иванюк, С. А. Банадысев, Г. К. Журомский. – Минск: Белпринт, 2005. – 695 с.

6. Методические указания по оценке картофеля на устойчивость к клубневым гнилям / Д. А. Ильяшенко [и др.]; Науч.-практ. центр НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству. – Самохваловичи, 2010. – 52 с.

7. Platt, R. Maladies de la pomme de terre causées par des oomycètes Cahiers Agricultures / R. Platt // Cahiers Agricultures. – 2008. – Vol. 17, № 4. – P. 361–367.

8. Assessment of resistance of tubers of potato cultivars to *Phytophthora erythroseptica* and *Pythium ultimum* / B. Salas [et al.] // PlantDisease. – 2003. – Vol. 87. – P. 91–97.

Поступила в редакцию 25.10.2017 г.

I. V. LEVANTSEVICH

## **SELECTION MATERIAL ASSESSMENT FOR RESISTANCE TO WATERY WOUND ROT**

### **SUMMARY**

*The research results of breeding hybrids resistance to wound watery rot in the biennium 2016–2017 are presented.*

*Key words:* potatoes, assessment, resistance, hybrids, wound watery rot.

УДК:635.21:[632.48+632.952](476)

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

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

## **НОВЫЙ ПРЕПАРАТ ГРЭММИ, КС ДЛЯ ЗАЩИТЫ КАРТОФЕЛЯ ОТ ФИТОФТОРОЗА И АЛЬТЕРНАРИОЗА В БЕЛАРУСИ**

### **РЕЗЮМЕ**

*В статье представлены двухлетние данные по изучению биологической и хозяйственной эффективности применения контактного фунгицида Грэмм, КС против фитофтороза и альтернариоза картофеля во время вегетации.*

*Ключевые слова:* картофель, фунгицид, патоген, инфекция, фитофтороз, альтернариоз.

### **ВВЕДЕНИЕ**

В последнее десятилетие во всех картофелеводческих странах мира наблюдается стремительное нарастание вредоносности фитофтороза. Ежегодные общие потери картофеля от этого заболевания и затраты на борьбу с ним оцениваются примерно в 3 млрд долл. США [1].

Для защиты картофеля разрабатываются интегрированные методы борьбы, где важное значение придается прогрессивным средствам защиты растений. Этим и объясняется необходимость формирования ассортимента фунгицидов, соответствующих требованиям безопасного применения пестицидов в растениеводстве [1].

В последнее время на картофеле рекомендован ряд новых препаратов в борьбе с комплексом вредных организмов. Одним из них является контактный фунгицид Грэмм, КС (хлороталонил, 500 г/л). Высокая эффективность данного препарата была подтверждена нами по результатам исследований, проведенных в 2015–2016 гг.

Цель исследований – изучение биологической и хозяйственной эффективности фунгицида Грэмм, КС против фитофтороза и альтернариоза картофеля во время вегетации.

### **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА**

Исследования проводили на опытном поле РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству» в 2015–2016 гг. Фитопатологическая ситуация в период исследований складывалась следующим образом: проявление фитофтороза в

2015 г. было умеренно-депрессивным, альтернариоз характеризовался умеренно-эпифитотийным развитием, в 2016 г. проявление заболеваний (как фитофтороза, так и альтернариоза) было умеренно-эпифитотийным. Закладка полевого опыта осуществлялась на сортах Лилея и Вектор. Предшественник – редька масличная на сидеральное удобрение. Почва дерново-подзолистая, среднесуглинистая. Содержание гумуса в пахотном слое 2,8 %, содержание  $P_2O_5$  – 28,1 мг/100 г почвы,  $K_2O$  – 22,3 мг/100 г почвы, реакция почвенной среды (рН) – 5,4.

Вид опыта: мелкоделяночный, повторность опыта 4-кратная, площадь – 25,2 м<sup>2</sup>. Агротехника и уход за посевами общепринятые.

Схема опыта:

1. Вариант без обработки;
2. Грэмми, КС – 2,2 л/га;
3. Грэмми, КС – 3,0 л/га;
4. Браво, КС – 2,2 л/га;
5. Браво, КС – 3,0 л/га.

Обработка испытуемым препаратом и эталоном осуществлялись 5-кратно.

Полевые испытания проводили согласно Методическим указаниям по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве (2007).

Учеты в опыте: дата появления фитофтороза и альтернариоза, фаза развития картофеля на момент появления фитофтороза и альтернариоза, степень развития болезни (% пораженной поверхности листьев), структура урожая и урожайность. Клубни, пораженные различными видами гнилей (грибными и бактериальными), считали абсолютными отходами и не учитывали при определении урожайности [2].

Для определения степени поражения ботвы картофеля альтернариозом и фитофторозом использовали оценочную шкалу, представленную в таблице 1 [3].

Таблица 1 – Шкала оценки устойчивости растений к альтернариозу и фитофторозу

Степень поражения растений, %	Описание поражений
0	Симптомов болезни нет
0,1	Первые отдельные, редкие, спороносящие пятна на растении
1	Слабое поражение. Около 5–10 пятен на растении
5	Около 50 пятен на растении; 1 из 10 долей листьев поражена
25	Почти каждый лист поражен, но растения сохраняют нормальную форму. Делянка выглядит зеленой
50	Каждое растение поражено и около 50 % листовой поверхности отмерло. Делянка выглядит зеленой с коричневыми пятнами
75	Поражено около 75 % листовой поверхности. Делянка выглядит зелено-коричневой
95	На растении остались лишь отдельные редкие листья, но стебли еще зеленые
100	Все листья и стебли отмерли или высохли



Биологическую эффективность фунгицидов рассчитывали по формуле

$$B = \frac{P - P_1}{P} \times 100,$$

где B – биологическая эффективность, %;

P и P<sub>1</sub> – развитие болезни в контроле и опыте соответственно, %.

Хозяйственную эффективность (прибавку урожая) защитных мероприятий 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 [1, 2].

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Профилактическая обработка растений картофеля против фитофтороза и альтернариоза в 2015 г. была проведена до выявления первых признаков заболеваний на опытном участке, то есть 2 июля 2015 г. Второе опрыскивание было проведено 16 июля 2015 г. вне зависимости от развития болезней на листьях картофеля, четвертая и пятая обработки проводились 24 июля и 5 августа соответственно. Появление первых признаков данного заболевания на опытном участке отмечено 18 июля 2015 г. на варианте без обработки (табл. 2).

Первые признаки фитофтороза были выявлены на делянках, обработанных препаратами 13 августа, альтернариоза – 30 июля. В дальнейшем шло постепенное нарастание заболеваний и уже к 22 августа в контроле отмечено 5,75 % поражения листьев фитофторозом и 38,7 % – альтернариозом.

Биологическая эффективность при применении препарата Грэмми, КС с нормой расхода 2,2 л/га против фитофтороза и альтернариоза составила 56,5 и 83,8 % соответственно, с нормой расхода 3,0 л/га – 52,1 и 77,3 % соответственно. Фунгицид Грэмми, КС по биологической эффективности

Таблица 2 – Динамика развития фитофтороза и альтернариоза картофеля на опытных вариантах, сорт Вектор, 2015 г.

Вариант	Количество обработок	Развитие фитофтороза по датам учета, %				Развитие альтернариоза по датам учета, %			
		18.07	30.07	13.08	25.08	18.07	30.07	13.08	25.08
Без обработки	–	1,5	1,5	2,0	5,75	2,0	1,75	16,2	38,7
Грэмми, КС – 2,2 л/га	4	0	0	0,75	2,5	0	2,75	3,2	6,25
Грэмми, КС – 3,0 л/га	4	0	0	1,0	2,75	0	0,75	3,0	8,75
Браво, КС – 2,2 л/га	4	0	0	3,0	4,75	1,0	1,5	2,25	16,25
Браво, КС – 3,0 л/га	4	0	0	1,25	4,25	0,75	2,25	5,25	13,7

РАЗДЕЛ 3. ИММУНИТЕТ И ЗАЩИТА КАРТОФЕЛЯ

против фитофтороза при норме расхода 2,2 л/га превысил эталон на 40 %, против альтернариоза данный показатель выше эталонного варианта на 25,8 %, при норме расхода 3,0 л/га биологическая эффективность превысила эталон на 26,1 и 12,8 % соответственно (табл. 3).

По урожайности статистически достоверная прибавка при применении Грэмми, КС с нормой расхода 3,0 л/га составила 7,0 т/га. Максимальная урожайность в опыте (55,6 т/га) также получена при применении Грэмми, КС – 3,0 л/га, что на 4,3 т/га выше по сравнению с применением эталона Браво, КС в норме расхода 3,0 л/га. При норме расхода 2,2 л/га испытуемый фунгицид не дал статистически достоверной прибавки урожая, которая составила 3,2 т/га и незначительно превысила эталонный вариант на 0,5 т/га.

Появлению заболеваний в 2016 г. способствовала умеренно теплая погода с периодическим выпадением осадков. Первые признаки фитофтороза и альтернариоза на опытном участке отмечены 8 июля и 29 июня соответственно на варианте без применения средств защиты растений. На обработанных препаратами делянках первые пятна альтернариоза были выявлены 8 июля, фитофтороза – 18 июля. В дальнейшем шло постепенное нарастание заболеваний и уже к 17 августа в варианте без применения средств защиты отмечено 60 % поражения листьев фитофторозом и 40 % альтернариозом.

При применении препарата Грэмми, КС с нормой расхода 2,2 л/га биологическая эффективность против фитофтороза и альтернариоза составила 81,6 и 45,0 % соответственно, с нормой расхода 3,0 л/га – 86,6 и 50,0 % соответственно (табл. 4).

Фунгицид Грэмми, КС в 2016 г. по биологической эффективности против фитофтороза при норме расхода 2,2 л/га превысил эталон на 13,3 %, против альтернариоза данный показатель оказался выше эталонного варианта на 22,5 %, Таблица 3 – Эффективность препарата Грэмми, КС против фитофтороза и альтернариоза картофеля, сорт Вектар, 2015 г.

Вариант	Норма расхода	Развитие болезней на 25.08, %		Биологическая эффективность, %		Урожайность, т/га	Прибавка урожая, т/га	Хозяйственная эффективность, %
		фитофтороз	альтернариоз	фитофтороз	альтернариоз			
Вариант без обработки	–	5,75	38,7	–	–	48,6	–	–
Грэмми, КС	2,2	2,5	6,25	56,5	83,8	51,8	+3,2	6,5
Грэмми, КС	3,0	2,75	8,75	52,1	77,3	55,6	+7,0	14,4
Браво, КС (эталон 1)	2,2	4,75	16,25	17,4	58,0	51,3	+2,7	5,5
Браво, КС (эталон 2)	3,0	4,25	13,7	26,0	64,5	51,3	+2,7	5,5
<b>НСР<sub>0,5</sub></b>						<b>6,3</b>		

РАЗДЕЛ 3. ИММУНИТЕТ И ЗАЩИТА КАРТОФЕЛЯ

Таблица 4 – Динамика развития фитофтороза и альтернариоза картофеля на опытных вариантах, сорт Лилея, 2016 г.

Вариант	Количество обработок	Развитие фитофтороза по датам учета, %					Развитие альтернариоза по датам учета, %				
		29.06	08.07	18.07	28.07	17.08	29.06	08.07	18.07	28.07	17.08
Без обработки	–	0	1,0	14,0	40,0	60,0	8,0	18,0	27,0	35,4	40,0
Грэмми, КС – 2,2 л/га	4	0	0	0,2	3,0	11,0	0	8,2	13,5	15,7	20,0
Грэмми, КС – 3,0 л/га	4	0	0	0,5	4,0	8,0	0	4,0	4,5	7,0	14,0
Браво, КС – 2,2 л/га	4	0	0	4,4	8,5	19,0	0	11,3	18,7	22,0	31,0
Браво, КС – 3,0 л/га	4	0	0	4,0	7,0	14,7	0	10,0	15,5	18,7	29,4

при норме расхода 3,0 л/га биологическая эффективность превысила эталон на 11,1 и 23,5 % соответственно. По урожайности статистически достоверная прибавка при применении Грэмми, КС с нормой расхода 3,0 л/га составила 14,6 т/га. Максимальная урожайность в опыте (57,4 т/га) также получена при применении – Грэмми, КС 3,0 л/га, что на 6,7 т/га выше по сравнению с применением эталона Браво КС в норме расхода 3,0 л/га. При норме расхода 2,2 л/га испытуемый фунгицид дал статистически достоверную прибавку урожая, которая составила 4,5 т/га (табл. 5).

Таблица 5 – Эффективность препарата Грэмми против фитофтороза и альтернариоза картофеля, сорт Лилея, 2016 г.

Вариант	Норма расхода	Развитие болезней на 17.08		Биологическая эффективность, %		Урожайность, т/га	Прибавка урожая, т/га	Хозяйственная эффективность, %
		фитофтороза	альтернариоза	фитофтороза	альтернариоза			
Вариант без обработки	–	60,0	40,0	–	–	42,8	–	–
Грэмми, КС	2,2	11,0	22,0	81,6	45,0	47,3	+4,5	9,5
Грэмми, КС	3,0	8,0	20,0	86,6	50,0	57,4	+14,6	25,4
Браво, КС (эталон 1)	2,2	19,0	31,0	68,3	22,5	44,5	+1,7	3,8
Браво, КС (эталон 2)	3,0	14,7	29,4	75,5	26,5	50,7	+7,9	15,5
<b>НСР<sub>0,5</sub></b>						<b>3,8</b>		

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Биологическая эффективность при применении препарата Грэмми, КС с нормой расхода 2,2 л/га против фитофтороза и альтернариоза в период исследований 2015–2016 гг. составляла 56,5–81,6 % и 45–83,8 % соответственно с нормой расхода 3,0 л/га – 52,1–86,6 и 50,0–77,3 % соответственно.

Хозяйственная эффективность обработки опытных делянок фунгицидом Грэмми, КС составила до 25,4 %.

Таким образом, по результатам двухлетних исследований можно утверждать, что включение в систему интегрированной защиты картофеля от альтернариоза и фитофтороза препарата Грэмми, КС позволит значительно повысить эффективность защитных мероприятий во время вегетации и обеспечить прибавку урожая до 14,6 т/га.

**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. Методические указания по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве / под ред. С. Ф. Буга; РУП «Институт защиты растений». – Несвиж: Несвижская укр. тип. им. С. Будного, 2007. – 512 с.
3. Методические указания по оценке картофеля на устойчивость к клубневым гнилям / Д. А. Ильяшенко [и др.]; РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству». – Самохваловичи, 2010. – 52 с.

Поступила в редакцию 15.11.2017 г.

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

**NEW PREPARATION GREMMI, SC TO PROTECT OF POTATOES FROM LATE BLIGHT AND EARLY BLIGHT IN BELARUS****SUMMARY**

*The data on the two-year research of biological and economic efficiency of contact fungicide Gremmi, SC against late blight and early blight during the growing season is presented in the article.*

*Key words:* potatoes, fungicide, pathogen, infection, late blight, early blight.

УДК 632.7.04/08

**В. В. Линьков**

УО «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины»

E-mail: linkovvitebsk@mail.ru

**РЕГУЛЯТОРНЫЕ ЗОНЫ БИОДИНАМИЧЕСКОЙ САМОРЕГУЛЯЦИИ НАСЕКОМЫХ-ВРЕДИТЕЛЕЙ: НА ПРИМЕРЕ КОЛОРАДСКОГО ЖУКА (*LEPTINOTARSA DECEMLINEATA* SAY)**

**РЕЗЮМЕ**

*Многолетние исследования процессов производства растениеводческой продукции в условиях личных подсобных хозяйств населения, а также в крупнотоварных агрохозяйствах общественного сектора национальной экономики позволили сформулировать инновационную акселерационную концепцию, выражающуюся в отображении понятия регуляторных зон биодинамической саморегуляции насекомых-вредителей на примере изучения колорадского жука в посадках картофеля. Общая экономическая эффективность активного использования инновации позволяет получать дополнительно 16,2 руб. чистой прибыли на баллогектар пахотных угодий.*

*Ключевые слова:* картофель, колорадский жук, регуляторные зоны, саморегуляция фитофагов.

**ВВЕДЕНИЕ**

Современные средства защиты растений от вредоносных фитофагов [2–5], а также значительные складские запасы пестицидов прошлых лет [6] свидетельствуют как о направлениях их развития, так и о большой вариативности фактического применения сильнодействующих ядовитых веществ (далее – СДЯВ) в сельскохозяйственном производстве [2–5, 13]. Кроме того, в настоящее время в республике отмечаются изменения не только фитосанитарной ситуации, технологии возделывания картофеля, сортового сортимента, используемых инсектицидов, но и некоторые особенности биоэкологии и фенологии колорадского жука (*Leptinotarsa decemlineata* Say) [2]. Поэтому вполне оправданным и актуальным будет анализ исследований наиболее уязвимых мест насекомых-вредителей (на примере колорадского картофельного жука) с целью снижения экологической нагрузки СДЯВ на природно-эксплуатационный комплекс аграрного производства с учетом экономической составляющей получения растениеводческой продукции. Для достижения отмеченной цели необходимо решить следующие задачи: изучить теоретические

и практические разработки по экологии и физиологии колорадского жука; провести полевые исследования вредоносности колорадского жука на картофеле; установить регуляторные зоны биодинамической саморегуляции фитофага; определить экономическую эффективность рационального использования понятия регуляторных зон.

Картофелеводство в Беларуси имеет глубокие исторические и психологические корни. До сих пор, передавая из поколения в поколение детали жизнеобитания в лихолетье 1941–1945 гг. (когда выращивание картофеля обеспечило уход от голода, болезней и нищеты), белорусские жители стремятся возделывать картофель как в условиях личных подсобных хозяйств (85,0 % от общей площади посадок в республике в 2015 г.), так и в общественном секторе экономики сельского хозяйства (15,0 %) [11]. Современное состояние картофелеводства можно оценить, анализируя данные таблицы 1.

Из таблицы 1 следует, что, несмотря на относительную стабилизацию посевных площадей возделывания картофеля и устойчиво небольшую (по мировым меркам) среднюю урожайность, наблюдается значительная вариативность главного результирующего экономического параметра – уровня рентабельности производства. Можно сказать, что колебания уровня рентабельности от 58,6 % в 2010 г. до 1,2 % в 2015 г. с минимальным значением (11,6 %) в 2012 г. говорят о неустойчивой позиции рыночного регулирования производства, где главный тон задают оптовые покупатели большой массы картофеля: картофелеперерабатывающие предприятия (глюкозо-паточные и крахмальные, а также спиртпроизводящие и др.); крупнейшие оптово-розничные распределители.

Основные факторы для определения конкурентоспособности производства картофеля в условиях Беларуси можно представить в виде следующей схемы, рассчитанной по материалам факторного анализа (рис. 1) [7].

Из рисунка 1 видно, что конкурентоспособность производства картофеля представляет собой многокомпонентную составляющую целой системы факторов его производства. Изменение действия и удельного веса каждого из них в экономическом воздействии в структуре представленных факторов позволяет добиваться сравнительного результата в каждом конкретном, заинтересованном в положительном результате агропроизводстве.

Таблица 1 – Основные производственно-экономические характеристики картофелеводства Беларуси последних лет

Показатели	Год					
	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Площади посадок, тыс. га	371	345	335	309	310	314
Удельный вес в структуре посевных площадей, %	6,6	6,0	5,8	5,4	5,3	5,3
Урожайность, т/га	21,4	21,0	20,8	19,4	20,4	19,4
Уровень рентабельности, %	58,6	22,2	-11,6	23,1	29,3	1,2

Примечание. Таблица составлена на основе данных [11].

РАЗДЕЛ 3. ИММУНИТЕТ И ЗАЩИТА КАРТОФЕЛЯ

Организационные	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Площадь возделывания;</li> <li>• валовой объем производства;</li> <li>• уровень специализации;</li> <li>• объемы реализации продукции</li> </ul>
Экономические	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Цена реализации;</li> <li>• рентабельность реализованной продукции;</li> <li>• прибыль на балло-гектар сельхозугодий</li> </ul>
Биологические	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Сортовая агротехника;</li> <li>• реализация потенциальной продуктивности агрофитоценоза</li> </ul>
Технологические	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Затраты на семена;</li> <li>• затраты на интегрированную защиту растений</li> </ul>
Инновационные	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Затраты на содержание основных средств;</li> <li>• затраты на использование высокотехнологичных факторов земледелия</li> </ul>
Маркетинговые	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Удельный вес реализованной продукции;</li> <li>• анализ потенциала предприятия;</li> <li>• стимулирование сбыта и реклама</li> </ul>

Рисунок 1 – Факторы конкурентоспособности производства картофеля

Затрагивая наиболее сильно некоторые из факторов (организационно-экономические, инновационные, биологические и технологические), можно найти определенные преимущества в использовании отдельных и взаимодополняемых действий данных факторов.

Изучение регуляторных зон биодинамической саморегуляции колорадского жука показывает, что в его биологии четко прослеживаются два принципиально различных физиологических состояния: активная жизнедеятельность и физиологический покой – длительная пауза. При этом активная жизнедеятельность сопровождается передвижением, расселением на значительные расстояния, размножением, развитием и питанием. В состоянии периода физиологического покоя питание отсутствует, а жизнедеятельность в паузу поддерживается за счет запасенных питательных веществ, но локомоторная активность сильно ограничена [12]. Ярко выраженная высокая экологическая

пластичность колорадского жука проявляется в эффективном использовании диапаузы не только для преодоления неблагоприятных периодов времени года (позднеосенний, зимний и ранневесенний), но и отдельные неблагоприятные периоды уже во время активной жизнедеятельности: во время резких колебаний температур, длительной повышенной или пониженной увлажненности, вследствие фотопериодизма и, особенно показательно, после инсектицидных обработок [2, 3, 8, 12], когда неправильно подобранная доза препарата (по разным причинам, в том числе и из-за резко изменившихся погодных условий во время обработки или сразу после обработки, неотрегулированное форсуночное оборудование сельхозмашин, неравномерно наносимое инсектицид на поверхность клубней, на листовую поверхность растений и т. д.) позволяет вредителям приблизиться к значению ЛД-50 и часть из фитофагов методом длительной диапаузы, а также другими способами (перемещение по территории, продвижение в почву, активная диапауза) пытается избежать пагубного воздействия неблагоприятных условий внешней среды обитания.

Необходимо отметить также, что на колорадского жука может оказывать различное действие следующий комплекс факторов, в составе которых присутствуют абиотические, биотические и антропогенные факторы (рис. 2). При этом, если в целом подходить к вопросу шаблонно, это может способствовать полному отсутствию понимания возможностей регуляторных зон различных факторов. Так, например, статичное понимание параметров климата и погода, фактического месторасположения посадок картофеля в качестве хозяина для фитофагов – это одно, но динамическое понимание – это совсем другое, позволяющее управлять ростом и развитием растений в определенных климатических условиях среды, а также управлять процессами вредоносности популяций фитофагов. Биотические и антропогенные факторы при



Рисунок 2 – Факторы, оказывающие непосредственное воздействие на жизнеобитание колорадского жука (интерпретировано по [3–5, 12])



объединении некоторых из них в понятие «высокотехнологичные факторы земледелия» позволяют изыскивать значительные резервные возможности в создании высокопродуктивного и экономически целесообразного агрофитоценоза при одновременном угнетающем действии на фитопатогенов, в значительной степени снижающих данную эффективность производства.

Изучение сопряженности развития растений картофеля и его основного вредителя позволили выявить периоды наибольшей вредоносности личинок колорадского жука. Установлено, что они отличаются в зависимости от погодных условий, сортовых особенностей и агроклиматической зоны возделывания картофеля. Так, в годы с температурой воздуха, близкой к среднеголетним значениям, во время выхода вредителя из мест зимовки в центральной агроклиматической зоне Беларуси данный период наблюдался на ранних и среднеранних сортах картофеля в фазах бутонизация – цветение, на среднеспелых, среднепоздних и поздних сортах – начало бутонизации – цветение, а в южной агроклиматической зоне – цветение и бутонизация – цветение соответственно. В годы с температурой воздуха выше среднеголетних значений во время выхода вредителя из мест зимовки в центральной (на 4,0–7,6 °С) и южной (на 0,8–7,1 °С) зонах период вредоносности фитофага совпадал на ранних и среднеранних сортах с фазами полные всходы – бутонизация; на среднеспелых, среднепоздних и поздних – начало бутонизации – бутонизация. Исследования динамики и численности вредителя с учетом возрастной структуры популяции показали, что в это время на долю личинок 2-го возраста приходилось более 40–50 % общего количества биомассы. Исследованиями также установлено, что численности личинок и степень повреждения ими листовой поверхности растений колебались в зависимости от условий года, сортовых особенностей и агроклиматической зоны возделывания картофеля. При численности личинок в фазах начало бутонизации – цветение от 7,7 и выше экз/растение и средней степени повреждения растений вредоносность фитофага была высокой: при обработке растений инсектицидами величина сохраненного урожая варьировала от 3,7 до 21,5 т/га. При этом установлена корреляционная взаимосвязь между степенью повреждений листовой поверхности растений и численностью вредителя ( $r = 0,83-0,99$ ), а также между величиной урожая и степенью повреждения листовой поверхности изучаемых сортов картофеля  $r = (-)0,68-(-)0,96$  [2].

Отдельными исследователями показано, что кроме различий в календарно-годовой активности популяции колорадского жука имеется и суточный ритм. В наиболее жаркие летние месяцы (во второй половине июня – половине августа) в сутках (особенно в солнечные дни) имеется два подъема суточной активности передвижения и питания – утренний и вечерний, с пиком между 9–11 и 16–19 часами. Они разделены двумя периодами пониженной активности жуков, из которых первый совпадает с наиболее жаркими часами дня, в которые жуки укрываются от перегревания под листьями растений, и второй – с ночными часами суток с пониженной температурой. Следовательно, суточный ритм локомоторной и пищевой активности колорадского жука в этом интервале времени

имеет бициклический характер. Данный двухвершинный суточный ритм активности питания удерживается до середины августа. Позже (во второй половине августа – начале сентября), во время преддиапаузной подготовки, суточный ритм передвижения и питания как старых, однажды зимовавших, так и молодых жуков текущего сезона вновь становится моноциклическим с одним пиком в полуденные часы. Кроме этого существуют значительные колебания чувствительности (устойчивости) на различных фазах развития колорадского жука к изменениям окружающей среды. Особенно уязвимыми (малоустойчивыми) можно считать фазы межлиньковых периодов у личинок, особо устойчивыми – окончание залегания имаго на зимнюю диапаузу [12].

Таким образом, представленные количественные факторы жизнеобитания колорадского жука, позволяют ему оперировать двумя типами диапаузы покоя, вызванными транскрипционной активностью генов, призванных регулировать диапаузу: конзекутивный (физический), наступающий под прямым давлением абиотических условий окружающей среды, выходящих за пределы витальной зоны нормы реакции среды этого вида (3S), и перспективный (физиологический) покой, который сформировался вследствие длительной эволюционной адаптации на организменном уровне при циклично повторяющихся, неблагоприятных для активной жизнедеятельности абиотических условий среды и в разной мере предшествующих наступлению этих условий [1, 8].

Конзекутивный покой как следствие экстремальных климатических воздействий сопровождается оцепенением, которое заканчивается сразу или вскоре после прекращения неблагоприятных условий.

К перспективному покою относятся такие состояния (подобные диапаузе и ее модификациям), индукция и формирование которых происходит при ритмичном повторении определенных сигналов (на генетическом уровне, представленном мРНК геном субъединицы rd1 рецептора-анализатора GABA-A ответных действий на проявление факторов среды [8]), особенности которых приведены на рисунке 3. В качестве сенсоров приближения неблагоприятного сезона могут быть: сокращение светового периода и ответная на это фотопериодическая реакция; изменение среднесуточного хода и среднесуточной температуры окружающей среды; изменение физиологического состояния и биохимического состава растения хозяина и др.

Из рисунка 3 видно, что наглядное обозначение количественных характеристик популяции колорадского жука показывает очень широкие возможности его пластичности (устойчивости) к неблагоприятным факторам окружающей среды. Интенсивность и уровень воздействия биотического, абиотического и антропогенного давления на популяцию приводит ее в неоднозначный вид со свойственным распределением устойчивости популяции (и устойчивой в активной жизнедеятельности популяции), или части оставшихся (выживших) особей популяции.

Таким образом, проведенный анализ показывает, что созданная антропогенной деятельностью сельскохозяйственных производителей агроэкосистема

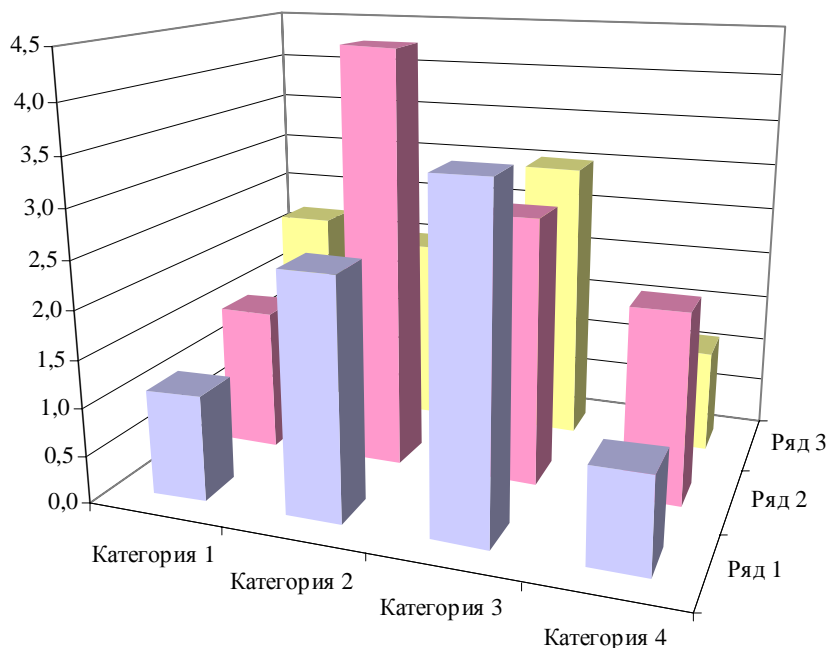


Рисунок 3 – Особенности различного воздействия факторов окружающей среды на полиморфизм популяции колорадского жука

Примечания. 1. Рисунок составлен на основании [3, 4, 12].

2. Категориями обозначены генотипические возможности популяции колорадского жука варьировать численную активность имаго при заселении посадок картофеля второго периода вегетации.

2. Рядами обозначены приспособительные реакции части популяции на изменяющиеся условия среды жизнеобитания.

является многоплановым механизмом, в котором имеется большое количество потенциально возможных регуляторных зон, способных в значительной степени повлиять на ее общую экономическую эффективность. Поэтому важными моментами сукцессионной деятельности как процесса, обратного саморегуляции биодинамических агроэкосистем, являются как минимум два из них: высокая продуктивность культурного агрофитоценоза и ритмичная устойчивость на длительную перспективу. При этом необходимо учитывать следующие два фактора: разрушение процессов естественной регуляции численности вида в экосистемах и развитие устойчивости к ядохимикатам у данных насекомых [14–17].

Помимо вышеизложенного, необходимо отметить, что наиболее значимые исследования по изучению количественной экологии популяции патогенной энтомофауны представлены в трудах Е. И. Шлингера [1], где достаточно подробно рассматриваются вопросы гомеостаза, роста, равновесия популяции и сопротивления окружающей среды. Так, в особенности необходимо акцентировать внимание на численных выражениях роста популяции и сопротивляемости среды, которые могут быть определены при помощи логистической зависимости роста, представленной следующим уравнением:

$$\frac{dD}{dt} = \frac{nD(A - D)}{A}, \quad (1)$$

где  $n$  – потенциальная скорость размножения организма (максимальная возможная скорость размножения при данных условиях существования);

$D$  – число особей в данный момент времени ( $t$ );

$A$  – максимальная плотность популяции, возможная в данных условиях;

$dD/dt$  – выражение, показывающее скорость изменения численности во времени.

Логистическая зависимость представляет собой следующее ее значение: если при постоянных условиях физической среды популяция вредных организмов была основана в благоприятной для них среде, то ее рост будет первоначально медленным, в последующем будет возрастать в геометрической прогрессии, а затем увеличение численности все более и более замедляется, пока не станет равным нулю, и в этот момент плотность популяции находится в равновесном состоянии с внешней средой обитания. Рассматривая основные механизмы и факторы равновесия, исследователи пришли к выводу о том, что для достижения и поддержания равновесия в природе существуют две мощные буферные силы, которые в некотором смысле уравнивают друг друга. Это присущая организмам высокая способность к размножению и зависящие от плотности реакции, ограничивающие воспроизводство, причем их наиболее типичным выражением является межвидовая и внутривидовая борьба. Подавляющие факторы любой данной среды представлены многими силами, противодействующими росту популяции, но те подавляющие силы, которые действуют независимо от плотности (например, погодно-климатические факторы отдельного периода года или целого года, ряда предыдущих и последующих лет), не обладают какими-либо свойствами в виде чувствительной буферности, параллельной высокой буферной способности к воспроизводству.

Следовательно, эти две буферные силы начинают действовать, когда условия внешней среды, включая плотность популяций, изменяются, причем высокая репродуктивная способность обычно наблюдается при низкой плотности, а высокая смертность или низкая рождаемость – вследствие причин, обусловленных возрастающей плотностью, приобретают все большее значение с увеличением плотности и приближением ее к фактическому или потенциальному максимуму. Наконец, при полном насыщении среды с данной емкостью общее сопротивление росту популяции автоматически (саморегуляторно) достигает уровня, обеспечивающего уравнивание смертности и рождаемости [1, 12]. Поскольку рассматривается характер эффективного использования имеющихся местообитаний и устранение избытка фитофагов как некоторую функцию плотности, то мы вплотную приближаемся к пониманию об обязательном существовании по меньшей мере одного компонента подавляющих сил среды, зависящего от плотности. Для производственной агрономии нет никакой необходимости, чтобы все факторы сопротивления или

подавления внешней среды действовали таким же образом для создания равновесия популяции, так как для этого достаточно действия, по крайней мере, одного фактора. Такого рода действия (зависящие от плотности популяции) называются реакцией, обусловленной плотностью, или подавлением, обусловленным увеличением плотности популяции. Данный фактор представляет собой регулирующий механизм подавления плотности популяции вредителей [1].

Однако в новом направлении современного земледелия – прогрессивной агрономии – существуют понятия комплексного, экономически целесообразного действия: как направленного уничтожения вредоносной фауны при использовании целого арсенала средств, приемов и способов (севообороты, устойчивые сорта растений, передовая агротехника, технологии применения средств интегрированной защиты растений и всего того, что включено в технологические регламенты производства агрокультур [2, 4, 5, 10]), так и активное или пассивное использование биодинамической саморегуляции, приводящее численность насекомых вредителей к их допороговому значению вредоносности. Особый интерес здесь вызывает определение регуляторных зон такой саморегуляции.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Исследования проводились на мелкоделяночных опытах по комплексному агротехнологическому изучению различных сортов картофеля в условиях низкогидроморфных почв Витебской области в 2009–2017 гг., а также при изучении производственных посадок картофеля в крупнотоварных агрохозяйствах СПК «Ольговское» и КУСХП «Вымно» Витебской области. Все исследования выполнены по собственной инициативе, в свободное от основной работы время, за счет личных средств. В исследованиях использовались методы анализа, синтеза, дедукции, сравнений, общепринятой методики полевого опыта, прикладной математики, позволяющие значительно расширить методологический инструментарий.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

По результатам исследований установлены следующие биодинамические параметры циклической активности заселения колорадским жуком (имаго и личиночной стадии) посадок картофеля (табл. 2).

Из таблицы видно, что количество личинок 1–2-го возрастов в начально-инвазийный период составило 33,1 шт/растение, спустя 1 день (сутки) после элиминации фитофагов из посадок картофеля количество личинок снизилось до 12,8 шт/растение (при установленной исследователями пороговой численности в 4 шт/растение [2]). В последующем чем больший период времени экспозиционируется для развития личинок, тем их большее количество наблюдается в виде плотности личинок на 1 куст, многократно превышая порог вредоносности.

Совершенно иная картина наблюдается в поведении имаго, когда начальное заселение посадок составляет в среднем 0,2 жука/куст (0,182), но уже

Таблица 2 – Особенности циклической активности колорадского жука на посадках картофеля, шт/га

Изучаемые показатели	Основные периоды				Среднее количество личинок, шт/растение
	заселение посадок имаго	спаривание	яйцекладки	личинки 1–2-го возрастов	
Весенне-летний вылет	5 107	1 962	56 730	927 440	33,1
Через 1 день после элиминации фитофагов	4 998	2 070	59 856	359 330	12,8
Через 2 дня после элиминации фитофагов	3 125	1 468	52 848	423 640	15,1
Через 3 дня после элиминации фитофагов	3 709	2 496	44 813	608 370	21,7
Инсектицидная обработка клубней	121	24	6 447	78 653	2,8
Инсектицидная обработка посадок	654	90	6 096	28 020	1,0

через один день после элиминации имаго их численность практически восстанавливается и составляет 0,2 жука/куст (0,179). Однако снижение численности имаго при двух- и трехдневной экспозиции после элиминации (в среднем до 0,1 шт/растение) объясняется скоростью биодинамической жизнедеятельности, при которой половозрелые жуки после активного периода размножения уходят в почвенную диапаузу (на отдых).

Вместе с тем совершенно не полагаясь на действия энтомофагов в посадках картофеля, так как в наших исследованиях наблюдалась только очагово-незначительная активность кокцинелид, можно констатировать очень большую разницу численности имаго и личинок колорадского жука после применения инсектицидов. При этом анализировались два основных способа применения инсектицидов: при обработке клубней и при обработке вегетирующих растений. Оба способа обработок при их правильном использовании показали свою высокую эффективность и позволили снизить количество личинок в посадках до пороговой численности.

Было также отмечено, что в условиях Витебской области на низкогидроморфных почвах наблюдается устойчивая тенденция развития двух поколений вредителя. При этом второе поколение появляется в среднем через полтора месяца после первого. Однако технологические особенности возделывания картофеля, а также изменения, связанные с ухудшением условий роста и развития фитофагов, приводят к тому, что второе поколение, если и успевает оформиться в куколку, перезимовывает с большой потерей особей от неблагоприятных условий среды. Но при этом часть самок, уходя в зимовку, находятся в оплодотворенном состоянии и уже ранней весной при выходе из почвы одновременно начинают активное питание и яйцекладку, тем самым резко увеличивая начальные темпы инвазии.

Исходя из представленного анализа, изучение регуляторных зон может быть осуществлено через математическое определение плотности популяции в любой данный момент времени после начала роста популяции. Для этого воспользуемся интегралом дифференциального уравнения 1, представленным в следующем виде [1]:

$$D=A/I+e^{a-bt}, \quad (2)$$

где  $e$  – константа 2,7181818....;

$a$  и  $b$  – эмпирические константы для данных условий.

Расчеты регуляторных зон с дополнительным использованием вероятностного математического метода представлены в таблице 3.

Из данной таблицы видно, что имеются существенные различия вероятностных показателей между следующими регуляторными зонами: неустойчивые сорта картофеля и традиционный севооборот (на уровне достоверных различий).

Встраивая процессы производства картофеля, при формировании новых агротехнологических подходов современного земледелия необходимо исходить из того, что грамотное управляющее воздействие специалистов способствует эффективному использованию понимания регуляторных зон при биодинамической саморегуляции колорадского жука.

Таблица 3 – Основные показатели регуляторных зон биодинамической саморегуляции колорадского жука в опытных посадках

Регуляторные зоны	Фаза развития вредителя					Полная вероятность*
	Возраст личинок				Имаго	
	I	II	III	IV		
Традиционный севооборот	0,02	0,14	0,20	0,12	0,09	0,04
Севооборот нового типа	0,01	0,07	0,11	0,03	0,02	0,01
Неустойчивые сорта картофеля	0,02	0,15	0,23	0,15	0,11	0,05
Устойчивые сорта картофеля	0,02	0,05	0,07	0,01	0,01	0,01
Агротехнологическая	0,01	0,06	0,08	0,03	0,04	0,01
Природно-климатическая	0,05	0,04	0,03	0,02	0,16	0,03
Межвидовая (энтомофаговая)	0,04	0,03	0,02	0,02	0,04	0,01
Инсектицидная	0,02	0,01	0,01	0,06	0,03	0,01
Среднее	0,03	0,07	0,10	0,06	0,07	0,02
НСР <sub>05</sub>	0,01	0,05	0,09	0,06	0,06	0,02

Примечание. Представлены показатели вероятностного распределения ожидаемой плотности популяции колорадского жука: при значениях 0 – наличная плотность популяции сведена к нулю и фактическая вредоносность для вегетирующих растений картофеля отсутствует; при значениях 1 – наблюдается максимальная вредоносность, снижение урожайности составляет 50,0 % и более.

\*Показатели расчетных единиц полной вероятности вредоносного действия фитофагов характеризуют общие возможности регуляторных зон (чем меньше полная вероятность, тем большее значение имеет регуляторная зона в подавлении вредителей).

Практико-ориентированные исследования биотической, фитофаговой нагрузки в условиях севооборотного возделывания картофеля показали некоторые результаты, представленные на рисунке 4.

Из рисунка видно, что захват поля (краевой эффект) происходит вследствие сочетания следующих факторов:

- наличие и объемы популяции вредителей;
- благоприятные для фитофагов условия среды;
- способность культурного агрофитоценоза противостоять вредоносному воздействию;
- расстояние от края поля, при условии, что на соседнем поле (II) в прошлом году тоже возделывался картофель и ряд других факторов.

Поэтому в разработке стратегии акселерационных программ борьбы с вредителем необходимо отметить два очевидных, достоверно выделяющихся направления действия (см. табл. 3): освоение севооборота нового типа и использование высокоустойчивых к фитофагам сортов картофеля. Кроме того, исходя из большей эффективности комплексного воздействия различных факторов на результирующий показатель, можно улучшить использование инсектицидного параметра управления численностью колорадского жука.

Американскими исследователями показано, что севооборотное маневрирование с расстоянием, превышающим 0,4 км, было эффективным для уменьшения колонизации колорадскими жуками картофеля в текущем сезоне. При повторном использовании полей картофеля в виде двухлетнего использования одного и того же поля, а также – в монокультуре, действие данного эффекта утрачивало силу. В качестве важных факторов культурооборотного маневрирования и пространственной изоляции полей картофеля предыдущего и текущего года рассматривается высокая эффективность отдельных компонентов ландшафта (например, лугопастбищные угодья), позволяющие снизить инвазию [15].

В наших исследованиях также подтверждается высокая эффективность пространственной изоляции в виде как луговых и пастбищных угодий, так и лесных массивов, болотистой местности (неиспользуемой для возделывания агрокультур) и даже жилых массивов сельских поселений, в которых имеются посадки картофеля, но удельный вес площадей возделывания картофеля в ЛПХ сравнительно отдельного поля крупнотоварного производства картофеля в общественном секторе экономики сельского хозяйства незначительный. Даже при фактической (из опытов) длине полевых участков ЛПХ в 135–195 м, ширина их в 500–1000 м представляет массив с насыщенным картофелеводством, который в 2–3 раза меньше установленного значения в 400 м. Но значительно чаще длина гона таких картофелеводческих участков (в среднем по сельским поселениям и дачным садовым товариществам) находится в пределах 40–100 м.

Рассматривая фактически новую концепцию управления численностью насекомых-вредителей, необходимо привести практические примеры



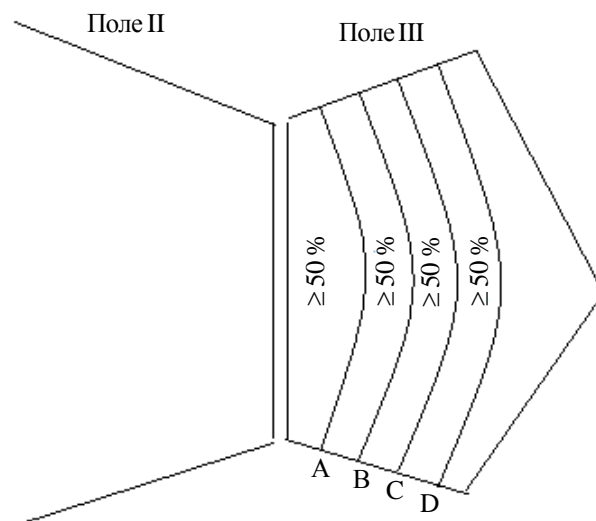


Рисунок 4 – Пространственно-временной фактор развития фитофаговой и биотической нагрузки в поле севооборота при возделывании картофеля

Примечания. 1. Изолиния А – фитосанитарная и биотическая нагрузка на посадки в период активных всходов картофеля, достигающая характерных значений для  $\geq 50\%$  порога вредности HS (харм стандарта) заселения растений имаго; В – фитосанитарная и биотическая нагрузка на посадки картофеля в период фазы начало бутонизации вегетирующих растений, достигающая характерных показателей  $\geq 50\%$  порога вредности HS заселения растений имаго и наличия яйцекладок, а также отродившихся личинок; С – фитосанитарная и биотическая нагрузка на агрофитоценоз картофеля в период полного цветения, достигающая общепринятых значений  $\geq 50\%$  порога HS при наличии на растениях имаго и активно развивающихся личинок 1–2-го возрастов; D – фитосанитарная и биотическая нагрузка на посевы в период окончания утилизации и активной реутилизации растений картофеля, достигающая общепринятых значений  $\geq 50\%$  порога HS наличия в посадках имаго и личинок всех возрастов.

2. Расстояние между изолиниями равно 100 м.

эффективного использования понятия регуляторных зон в условиях крупнотоварных агрохозяйств.

Пример 1. Использование провокационного фона – известный каждому агроному прием, позволяющий в значительной степени подавить расселение имаго в весенний период.

Пример 2. Загонный способ контроля численности имаго на вегетирующих посадках картофеля. Используется при применении химической обработки агрофитоценоза картофеля с внесением очень низких доз инсектицидов (в среднем в 4,7 раза меньших рекомендуемых норм), которые позволяют существенно подавить численность отрождающихся из яйцекладок личинок, а также на личиночной стадии развития фитофага (1–2-го возрастов), но на имаго оказывают только отпугивающее действие, заставляя их в массовом порядке мигрировать в специально отведенный на картофельном поле необработанный участок, составляющий не более 1–2 % площади от площади всего картофельного поля (чаще всего с обоих краев поля; на очень

обширных полях – полосами). Буквально на следующий день производится высокоэффективная инсектицидная обработка данного небольшого участка с использованием контактно-системных пестицидов в дозе, на пороге максимально возможной по рекомендациям производителя препаратов. Таким образом, достигается высокая экономическая эффективность не только самого агроприема в контроле численности фитофагов, но и большая экономия дорогостоящих средств защиты растений. Последующее использование выделенного участка рекомендуется на семенные цели.

Следует также отметить, что таких примеров множество. Поэтому их конкретное применение может быть четко обозначено в производственных условиях, характерных сугубо индивидуально в каждом агрохозяйстве.

Общая экономическая эффективность активного использования понятия регуляторных зон биодинамической саморегуляции насекомых-вредителей в виде колорадского жука на посадках картофеля составляет 16,2 руб. чистой прибыли на балло-гектар пашни.

Однако необходимо остановиться на еще одном моменте активного использования предлагаемой разработки. Это высокая агрономическая грамотность специалистов-производственников, которая предполагает глубокое понимание биологии вредителей, постоянные наблюдения и учеты численных параметров фитофагов и энтомофагов, знание всех тонкостей растениеводства и интенсивной агротехники возделывания картофеля, знания, практические умения и опыт работы с широким ассортиментом средств защиты растений и многое другое. Может быть на первый план вначале выйдут даже не столь глубокие знания, сколько высокий уровень стремления к постижению процессов управления производственной практикой, высокий уровень самодисциплины, самоотдачи и самоотверженного служения отечеству, делу сельскохозяйственного производства.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, представленные исследования позволяют руководствоваться определенным базисом в виде анализа эффективного использования регуляторных зон биодинамической саморегуляции насекомых-вредителей на примере колорадского жука. Общий экономический эффект от внедрения предлагаемой инновации составляет только в масштабах Республики Беларусь 145,8 млн руб. чистой прибыли в год.

## Список литературы

1. Биологическая борьба с вредными насекомыми и сорняками / пер. с англ. Н. А. Емельяновой [и др.]; под ред. Б. И. Рукавишникова. – М.: Колос, 1968. – 616 с.
2. Бречко, Е. В. Оптимизация применения инсектицидов в защите картофеля от колорадского жука [Электронный ресурс] / Е. В. Бречко. – 2012. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/optimizatsiya-primeneniya-insektitsidov-v-zaschite-kartofelya-ot-koloradskogo-zhuka>. – Дата доступа: 29.07.2017.

3. Долженко, О. В. Экотоксикологическое обоснование использования новых средств защиты картофеля от вредителей на Северо-Западе Российской Федерации [Электронный ресурс] / О. В. Долженко. – 2011. – Режим доступа: <http://www.disserscat.com/content/ekotoksikologicheskoe-obosnovanie-ispolzovaniya-novykh-sredstv-zashchity-kartofelya-ot-vredi>. – Дата доступа: 28.07.2017.
4. О системе управления фитосанитарной ситуацией в агробиоценозах семенного картофеля / М. И. Жукова [и др.] // Защита растений: сб. науч. тр. – Минск, 2015. – Вып. 39. – С. 278–290.
5. Интегрированные системы защиты сельскохозяйственных культур от вредителей, болезней и сорняков: рекомендации / БелНИИ защиты растений; редкол.: В. Ф. Самерсов (гл. ред.) [и др.]. – Барановичи: Барановичская укр. тип., 1998. – 476 с.
6. Кузьмин, С. И. Пестициды в Республике Беларусь: инвентаризация, мониторинг, оценка воздействия на окружающую среду / С. И. Кузьмин, А. А. Савастенко; под общ. ред. В. М. Федини. – Минск: БелНИЦ «Экология», 2011. – 84 с.
7. Ленский, А. В. Анализ конкурентоспособности сельскохозяйственных предприятий отрасли картофелеводства с применением статистических методов / А. В. Ленский, Е. И. Михайловский, Т. И. Ленская: Вес. Нац. акад. наук Беларуси. Сер. аграр. наук. – 2014. – № 2. – С. 53–60.
8. Транскрипционная активность генов, участвующих в регуляции диапаузы колорадского жука, и ее изменения под влиянием инсектицида фипронила [Электронный ресурс] / Ю. М. Никоноров [и др.]. – 2016. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/transkripsionnaya-aktivnost-genov-uchastvuyuschih-v-regulyatsii-diapauzy-koloradskogo-zhuka-i-ee-izmeneniya-pod-vliyaniem>. – Дата доступа: 01.08.2017.
9. Определитель сельскохозяйственных вредителей по повреждениям культурных растений / под ред. Г. Е. Осоловского. – Ленинград: Колос, 1976. – 696 с.
10. Организационно-технологические нормативы возделывания сельскохозяйственных культур: сб. отраслевых регламентов / Рук. разработ.: В. Г. Гусаков [и др.]. – Минск: Ин-т аграр. экономики НАН Беларуси, 2005. – 460 с.
11. Сельское хозяйство Республики Беларусь: стат. сб. 2016 / пред. ред. кол. И. В. Медведева. – Минск: Нац. стат. ком. Респ. Беларусь, 2016. – 230 с.
12. Ушатицкий, Р. С. Экология и физиология колорадского жука / Р. С. Ушатицкий, Г. Г. Ёирковский. – М.: Наука, 1976. – 131 с.
13. Фитосанитарная ситуация в посевах сельскохозяйственных культур [Электронный ресурс]. – 2017. – Режим доступа: [https://www.google.ru/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=30&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjLns8gK7VAhWrA5oKHcHXC904FBAWCF4wCQ&url=http%3A%2F%2Ffizr.by%2Fdoc%2Frec9\\_15.doc&usg=AFQjCNGfWE-5uScE2MxkMjO3qvieOPBE8Q](https://www.google.ru/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=30&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjLns8gK7VAhWrA5oKHcHXC904FBAWCF4wCQ&url=http%3A%2F%2Ffizr.by%2Fdoc%2Frec9_15.doc&usg=AFQjCNGfWE-5uScE2MxkMjO3qvieOPBE8Q). – Дата доступа: 29.07.2017.
14. Colorado potato beetle management on potatoes: current challenges and future prospects [Electronic resource] / A. Alyokhin [et al.]. – Access mode: <http://www.potato beetle.org/overview.html>. – Date of access: 31.07.2017.

15. Effects of Landscape Composition and Rotation Distance on *Leptinotarsa decemlineata* (Coleoptera: Chrysomelidae) Abundance in Cultivated Potato [Electronic resource] / A. S. Huseth [et al.]. // *Environmental Entomology*. – 2012. – № 41. – Access mode: [https://www.researchgate.net/publication/234141353\\_Effects\\_of\\_Landscape\\_Composition\\_and\\_Rotation\\_Distance\\_on\\_Leptinotarsa\\_decemlineata\\_Coleoptera\\_Chrysomelidae\\_Abundance\\_in\\_Cultivated\\_Potato](https://www.researchgate.net/publication/234141353_Effects_of_Landscape_Composition_and_Rotation_Distance_on_Leptinotarsa_decemlineata_Coleoptera_Chrysomelidae_Abundance_in_Cultivated_Potato). – Date of access: 31.07.2017.

16. Extraordinary Adaptive Plasticity of Colorado Potato Beetle: «Ten-Striped Spearman» in the Era of Biotechnological Warfare [Electronic resource] / A. Cingel [et al.]. – 2016. – № 17. – Access mode: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5037813/>. – Date of access: 31.07.2017.

17. Maharijaya, A. Managing the Colorado potato beetle; the need for resistance breeding [Electronic resource] / A. Maharijaya, B. Vosman // *Euphytica*. – Access mode: <https://link.springer.com/journal/10681>. – Date of access: 31.07.2017.

Поступила в редакцию 17.10.2017 г.

V. V. LINKOV

**REGULATORY ZONES OF BIODYNAMIC SELF-CONTROL OF INSECTS-PESTS: ON THE EXAMPLE OF COLORADO BEETLE (*LEPTINOTARSA DECEMLINEATA* SAY)**

**SUMMARY**

*The research processes of crop production under private farms of the population, as well as – of large-scale agricultural enterprises of the public sector of the national economy, have allowed formulating innovative acceleration concept, which is expressed in the mapping of the concept of self-regulatory regions biodynamic pests on the example of studying the Colorado potato beetle in potato plantings. The overall economic efficiency of the active use of innovation makes it possible to obtain additional 16.2 rubles of net profit for score-hectare of arable land.*

*Key words:* potatoes, colorado beetle, regulatory zones, self-regulation of phytophages.

УДК 635.21:[631.524.86:632.484]

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

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

## **ОЦЕНКА СЕЛЕКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА КАРТОФЕЛЯ НА УСТОЙЧИВОСТЬ К РИЗОКТОНИОЗУ**

### **РЕЗЮМЕ**

*В статье представлены 2-летние данные по устойчивости гибридов конкурсного сортоиспытания картофеля к *Rhizoctonia solani* Kuhn. Дана оценка селекционного материала картофеля по росткам и клубням на устойчивость к ризоктониозу и рекомендованы гибриды для вовлечения в селекционный процесс.*

*Ключевые слова:* картофель, ризоктониоз, устойчивость, селекция.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Ризоктониоз (возбудитель гриб *Rhizoctonia solani* Kuhn.) является одним из наиболее распространенных и вредоносных заболеваний картофеля, снижающим качество семенного материала и урожайность клубней. В Беларуси ежегодно наблюдается развитие болезни на ростках (30–60 %), столонах (25–70), корнях (10–25 %). Потери урожая картофеля в настоящее время при благоприятных условиях для развития *R. solani* достигают 49 %. Агротехнические методы обеспечивают довольно эффективную защиту картофеля от ризактониоза 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 [1, 2, 6]. Выращивание устойчивых сортов является экологически оправданным способом защиты культурных растений [3]. Созданные на основе диких и культурных видов картофеля межвидовые гибриды являются ценными источниками хозяйственно ценных признаков для селекции сортов различного народнохозяйственного назначения [4]. Выведение и выращивание устойчивых к ризоктониозу сортов картофеля – один из наиболее эффективных методов их защиты от болезни [5].

### **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.

Одна часть испытуемых гибридов инфицировалась чистой культурой *R. solani*, выращенной на подкисленном картофельно-глюкозном агаре, а другая часть высаживалась без инфекции (контроль). При инфицировании на каждый клубень помещалась 1/16 часть колоний гриба, выращенного на картофельно-глюкозном агаре в чашках Петри.

Оценку поражения гибридов картофеля ризоктониозом по росткам проводили в фазу полных всходов по шкале:

9 – симптомы поражения отсутствуют;

8 – пятна одиночные, малые, светло-коричневые;

7 – пятна более глубокие, но не охватывающие всей окружности ростка и достигающие не более 1/4 длины ростка;

5 – язвы глубокие, охватывающие всю окружность ростка и достигающие до 1/2 длины ростка;

3 – язвы очень глубокие и длинные, охватывающие всю окружность ростка и достигающие более 3/4 длины ростка;

1 – гибель верхней части или всего ростка.

При уборке картофеля учитывали урожайность образцов в контроле и с инфекцией, а также заселенность клубней склероциями. Поражение клубней картофеля ризоктониозом 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 2015 г. исследовались 40 гибридов конкурсного сортоиспытания в сравнении с 7-ю сортами-стандартами, в 2016 г. – 35 гибридов конкурсного сортоиспытания в сравнении с 8-ю сортами-стандартами.

Вид испытания – мелкоделяночный. Расположение делянок – рендомизированное. Количество повторностей проведения опыта – трехкратная.

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Определение поражения картофеля ризоктониозом по росткам проводили 20 июля в 2015 г. и 12 июля в 2016 г. Для этого с каждой делянки брали по 5 кустов растений и на каждом пораженном стебле подсчитывали количество поражений. Затем определяли средний балл устойчивости для всего сорта и согласно градации баллов определяли устойчивость гибридов картофеля к ризоктониозу.

Определение поражения картофеля ризоктониозом по клубням проводили в период уборки в 2015–2016 гг. По формуле подсчитывался средний балл устойчивости. Затем согласно градации баллов по 9-балльной шкале определяли устойчивость гибридов картофеля к поражению ризоктониозом. Для

определения толерантности брался вес картофеля отдельно с инфекционного и контрольного участков.

Результаты исследований показали, что с очень высокой степенью устойчивости к ризоктониозу как по росткам, так и по клубням на протяжении 2-х лет не обладал ни один гибрид (табл. 1). С высокой устойчивостью было отмечено незначительное количество гибридов в пределах 3–5 % по росткам и 7,5 % – по клубням. Больше всего гибридов конкурсного испытания картофеля в 2015 и 2016 гг. было отмечено: по росткам – со средней степенью устойчивости 67,5 и 60,0 %, по клубням – с относительно высокой степенью устойчивости 85 и 100 % соответственно.

Гибриды с низкой и очень низкой устойчивостью обнаружены только по росткам. Гибридов с низкой и очень низкой устойчивостью по клубням не обнаружено.

При анализе двухлетних данных искусственно зараженных сортов-стандартов в разные годы было отмечено, что по росткам они были в основном со средней степенью устойчивости, а по клубням – с относительно высокой устойчивостью (табл. 2).

После учета клубней гибридов картофеля на инфекционном и контрольном участках поля была подсчитана их толерантность. Результаты показали, что в основном исследуемые гибриды с очень высокой, высокой и средней степенью устойчивости были отмечены лишь незначительным снижением урожайности и находились в пределах порога снижения урожайности 20 % как в 2015 г., так и в 2016 г. (табл. 3).

Подсчет общего количества гибридов, относящихся к той или иной степени устойчивости, показал, что с очень высокой степенью устойчивости в 2015 г. гибридов было в два раза больше, чем в 2016 г. (табл. 4). С высокой степенью устойчивости на протяжении 2-х лет это количество было одинаковым – по 5 шт., со средней – 7 шт. в 2015 г. и 8 шт. в 2016 г., с низкой – 9 и 6 шт. соответственно.

Таблица 1 – Результаты оценки устойчивости к ризоктониозу гибридов конкурсного испытания, 2015–2016 гг.

Степень устойчивости	Ростки				Клубни			
	2015 г.		2016 г.		2015 г.		2016 г.	
	шт.	%	шт.	%	шт.	%	шт.	%
Очень высокая	–	–	–	–	–	–	–	–
Высокая	2	5	1	2,9	3	7,5	–	–
Относительно высокая	3	7,5	11	31,4	34	85	35	100
Средняя	27	67,5	21	60,0	3	7,5	–	–
Низкая	7	17,5	2	5,7	–	–	–	–
Очень низкая	1	2,5	–	–	–	–	–	–
Всего	40	100	35	100	40	100	35	100

**РАЗДЕЛ 3. ИММУНИТЕТ И ЗАЩИТА КАРТОФЕЛЯ**

Таблица 2 – Средний балл и степень устойчивости стандартов к ризоктониозу по росткам и клубням, 2015–2016 гг.

Стандарты	2015 г.		2016 г.	
	средний балл	степень устойчивости	средний балл	степень устойчивости
<b>Ростки</b>				
Лиляя	5,3	Средняя	6,6	Средняя
Явар	3,1	Низкая	5,6	Средняя
Скарб	6,4	Средняя	6,8	Средняя
Ласунок	6,9	Средняя	5,8	Средняя
Рагнеда	5,5	Средняя	6,2	Средняя
Здабытак	4,6	Низкая	6,1	Средняя
Атлант	7,2	Относительно высокая	7,7	Относительно высокая
Манифест	–	–	7,0	Относительно высокая
<b>Клубни</b>				
Лиляя	8,0	Относительно высокая	8,1	Относительно высокая
Явар	8,3	Относительно высокая	8,3	Относительно высокая
Скарб	7,5	Относительно высокая	8,0	Относительно высокая
Ласунок	8,6	Относительно высокая	8,0	Относительно высокая
Рагнеда	7,7	Относительно высокая	8,0	Относительно высокая
Здабытак	7,8	Относительно высокая	8,4	Относительно высокая
Атлант	8,4	Относительно высокая	8,0	Относительно высокая
Манифест	–	–	6,7	Средняя

Таблица 3 – Толерантность и степень устойчивости гибридов картофеля к ризоктониозу, 2015–2016 гг.

Гибриды	Степень устойчивости	Вес, кг		Толерантность, %
		Инфекция	Контроль	
<b>2015 г.</b>				
3199-1	Очень высокая	8,7	9,1	4,4
77-10-2	Очень высокая	7,8	8,0	2,5
8804-41	Очень высокая	8,0	8,4	4,8
8842а-8	Очень высокая	8,5	8,9	4,5
71-09-3	Очень высокая	8,1	8,4	3,6
8597-13	Очень высокая	8,7	8,8	1,1
3079-3	Высокая	9,7	10,7	9,3
3201-7	Высокая	10,3	11,1	7,2
3209-10	Высокая	8,7	9,4	7,4
072822-3	Высокая	10,1	10,9	7,3
22-10-7	Высокая	8,1	8,9	9,0
8605-18	Средняя	7,4	8,9	16,9
092924-14	Средняя	8,9	10,8	17,6
3225-82	Средняя	7,2	8,2	12,2
5-10-1	Средняя	8,0	9,1	12,1
76-09-2	Средняя	6,6	7,8	15,4



## РАЗДЕЛ 3. ИММУНИТЕТ И ЗАЩИТА КАРТОФЕЛЯ

Окончание таблицы 3

Гибриды	Степень устойчивости	Вес, кг		Толерантность, %
		Инфекция	Контроль	
3201-28	Средняя	8,8	10,2	13,7
8662-13	Средняя	10,9	13,1	16,8
3142-1	Низкая	8,7	11,0	20,9
3247-32	Низкая	7,1	9,0	21,1
115-08-7	Низкая	6,1	7,7	20,8
9908-6	Низкая	6,8	8,7	21,8
27-09-10	Низкая	8,1	10,7	24,3
8745-80	Низкая	8,2	10,5	21,9
77-10-15	Низкая	7,8	10,0	22,0
3199-21	Низкая	6,1	8,5	28,2
8747-76	Низкая	9,8	12,8	23,4
6-10-6	Очень низкая	8,3	12,1	31,4
<b>2016 г.</b>				
102995-5	Очень высокая	5,5	5,7	3,5
8799-2	Очень высокая	7,2	7,3	1,4
8908-2	Очень высокая	6,8	6,9	1,4
072899-18	Высокая	5,1	5,6	8,9
102995-4	Высокая	7,0	7,5	6,7
092924-14	Высокая	8,8	9,5	7,4
3287-12	Высокая	6,8	7,5	9,3
12-11-11	Высокая	7,6	8,1	6,2
103001-23	Средняя	5,9	6,9	14,5
072899-10	Средняя	5,7	7,0	18,6
102995-10	Средняя	6,0	6,8	11,8
092924-52	Средняя	7,4	8,6	14,0
072899-6	Средняя	7,3	8,7	16,1
3293-4	Средняя	5,6	6,3	11,1
102995-12	Средняя	4,8	6,0	20,0
8746-7	Средняя	7,3	8,7	16,1
092951-17	Низкая	6,6	9,2	28,3
102995-32	Низкая	4,4	5,7	22,8
072899-7	Низкая	6,2	8,3	25,3
107-11-2Л <sub>4</sub>	Низкая	7,1	9,2	22,8
20653-12	Низкая	7,3	9,4	22,3
8828-7	Низкая	7,2	9,7	25,8
102995-35	Очень низкая	5,0	7,2	30,6
3283-7	Очень низкая	4,9	7,2	31,9
13-11-5	Очень низкая	6,3	10,0	37,0
13-11-9	Очень низкая	4,8	7,2	33,3

Таблица 4 – Распределение общего количества гибридов и их толерантности по отношению к степени устойчивости, 2015–2016 гг.

Степень устойчивости	Количество гибридов (шт.)/толерантность (%*)	
	2015 г.	2016 г.
Очень высокая	6/15,0	3/8,6
Высокая	5/12,5	5/14,3
Средняя	7/17,5	8/22,9
Низкая	9/22,5	6/17,1
Очень низкая	1/2,5	4/11,4

\*От общего количества гибридов (2015 г. – 40 шт., 2016 г. – 35 шт.).

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, очень высокой степенью устойчивости к ризоктониозу как по росткам, так и по клубням на протяжении 2-х лет не обладал ни один гибрид.

По результатам оценки искусственного заражения стандартов в 2015–2016 гг. видно, что по росткам они были в основном со средней степенью устойчивости, по клубням – почти 100 % с относительно высокой устойчивостью, за исключением сорта Манифест.

Большинство гибридов конкурсного испытания 2015–2016 гг. при оценке болезни по клубням 85–100 % была с относительно высокой степенью устойчивости к ризоктониозу.

В основном исследуемые гибриды на инфекционном фоне реагировали на заражение лишь незначительным снижением урожайности, их количество было в пределах 20 % (порог снижения урожайности) как в 2015г., так и в 2016 г.

За период 2015–2016 гг. исследований по росткам и клубням были выделены гибриды с высокой степенью устойчивости: 8753-2; 76-09-2; 20653-12; 8662-3; 27-09-10; 8842а-8. Данные гибриды были рекомендованы для дальнейшей селекционной работы.

### Список литературы

1. Биопрепарат Бактосол в защите картофеля от болезней во время вегетации / И. И. Бусько [и др.] // Картофелеводство: сб. науч. тр. / Науч.-практ. центр НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству; редкол.: С. А. Турко (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2013. – Т. 21. – С. 220–226.
2. Эффективность препарата целест-топ, КС в защите картофеля от ризоктониоза / И. И. Бусько [и др.] // Картофелеводство: сб. науч. тр. / Науч.-практ. центр НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству; редкол.: С. А. Турко (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2013. – Т. 21. – С. 228–232.
3. Фитопатологическая ситуация на картофеле в Беларуси и пути ее улучшения / В. Г. Иванюк [и др.] // Картофелеводство: сб. науч. тр. / Науч.-практ. центр НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству; редкол.: С. А. Турко (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2000. – Т. 10. – С. 163–170.

4. Козлов, В. А. Выделение источников устойчивости к болезням и другим хозяйственно ценных признаков среди межвидовых гибридов картофеля / В. А. Козлов, И. А. Шутинская, В. С. Абакшонок // Картофелеводство: сб. науч. тр. / Науч.-практ. центр НАН Беларуси по картофелеводству и плодово-овощеводству; редкол.: С. А. Турко (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2011. – Т. 19. – С. 108–115.

5. Иванюк, В. Г. Защита картофеля от болезней, вредителей и сорняков / В. Г. Иванюк, С. А. Банадысев, Г. К. Журомский. – Минск: Белпринт, 2005. – 695 с.

6. Жукова, М. И. Актуальные проблемы фитосанитарного состояния агроценозов картофеля / М. И. Жукова // Науч. тр. Белорус. НИИ защиты растений. – Минск, 2001. – Вып. XXV. – С. 153–156.

Поступила в редакцию 14.11.2017 г.

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

### **MATERIAL SELECTION ASSESSMENT FOR RESISTANCE TO RHIZOCTONIA ROT**

#### **SUMMARY**

*The two-year data on resistance of competitive variety trials of potato hybrids to *Rhizoctonia solani* Kuhn is presented in the article. The estimation of potato breeding material for sprouts and tubers for resistance to *Rhizoctonia rot* is given and some hybrids for breeding department are recommended.*

*Key words: potatoes, *Rhizoctonia rot*, resistance, breeding.*

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

УДК 632.21:631.816.1

**Ю. Р. Ильчук<sup>1</sup>, Р. В. Ильчук<sup>1</sup>, О. И. Рудник-Иващенко<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Институт сельского хозяйства Карпатского региона Национальной академии аграрных наук Украины, с. Оброшино, Пустомытовский район, Львовская область, Украина  
E-mail: roman\_ilchuk@ukr.net

<sup>2</sup> Институт садоводства Национальной академии аграрных наук Украины, с. Новоселки, Киево-Святошинский район, Киевская область, Украина  
E-mail: rudnik2015@ukr.net

**ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ  
РАННЕСПЕЛЫХ СОРТОВ КАРТОФЕЛЯ В УСЛОВИЯХ  
ЗАПАДНОЙ ЛЕСОСТЕПИ УКРАИНЫ**

**РЕЗЮМЕ**

*Освещены результаты проведенных исследований в почвенно-климатических условиях Западной лесостепи Украины. Показана эффективность комплексного применения отдельных элементов технологии выращивания на урожайность раннеспелых сортов картофеля селекции Института картофелеводства Национальной академии аграрных наук Украины.*

*Ключевые слова:* картофель, сорт, фазы вегетации, посадочная фракция, площадь и уровень питания, биомасса, стимулирующие надрезы, внекорневая подкормка, урожайность.

**ВВЕДЕНИЕ**

Исследования продуктивности картофеля раннего типа созревания в определенном регионе страны имеют большое практическое значение для полноценного продовольственного обеспечения населения.

В ранний летний период для людей необходимы доступные высокопитательные продукты, богатые витаминами, к которым наряду с ранними овощами относится и картофель, поскольку его ценность, особенно раннего, определяется высоким содержанием в клубнях витаминов, и в частности антисептического витамина С. Кроме того, из 22 аминокислот, встречающихся в белках природного происхождения, 9 крайне необходимы для организма.

Сборы раннеспелого картофеля в Украине являются низкими. Недостающее количество компенсируют за счет импорта, в основном из Египта, Турции, Польши и других государств.

В настоящее время актуальным остается решение вопроса получения высокой урожайности картофеля в максимально ранние сроки для летнего потребления. Для решения этой задачи в различных почвенно-климатических зонах применяют агротехнические приемы. К ним относятся: выбор земельных участков, которые раньше освобождаются от снега, с расположением на южных и юго-западных склонах, способы подготовки семенного материала, проведения загущенной посадки, интенсивного ухода за растениями картофеля на ранних фазах роста и развития и др. [1–3].

Решающее значение для получения ранней продукции имеет группа спелости сорта, растения которого через 12–18 дней после появления всходов должны начать образовывать клубни, а через 50–60 дней способны обеспечить урожайность не менее 10,0–15,0 т/га.

Урожайность раннего картофеля в большей степени зависит от качества посадочного материала. Особое внимание при этом необходимо уделять массе семенных клубней, так как при выращивании раннего картофеля значение имеет величина посадочной фракции, потому что клубни с большей массой быстрее формируют ростки, с которых вырастают мощные растения. Такие растения быстрее формируют соцветия, раньше вступают в фазу цветения и обеспечивают высокую урожайность по сравнению с мелкой фракцией.

С этим соглашаются ученые И. Я. Пигорев [4], О. П. Гончаренко [5], Ю. Баранчук [6], подтверждающие, что клубни массой 100 г и более являются более урожайными, чем мелкие 30–40 г. Однако при посадке клубней массой 100 г и более значительно возрастает расход посадочного материала, что экономически может быть нецелесообразно.

Учитывая свойства сорта и массы клубней при оптимизации технологических мероприятий выращивания картофеля раннеспелых сортов, значение имеют и способы подготовки посадочного материала.

Досконально изучены отечественными и зарубежными учеными такие способы, как световая яровизация клубней, проращивание в темноте во влажной среде (опилки, торф и т. д.), световая яровизация в комплексе с влажным проращиванием и т. д. [7–10].

Основные выводы проведенных исследований в том, что яровизация клубней, особенно раннеспелых сортов, эффективный агротехнический фактор.

Известно, что клубень имеет несколько глазков (от 7 до 10), ранее других прорастают глазки, которые расположены на верхушке, тогда как глазки, расположенные ниже, прорастают позже, а некоторые совсем не прорастают. А чем больше проросло глазков, тем сильнее куст и в нем больше стеблей. Все это способствует оптимизации стеблестоя, росту ассимиляционной поверхности, увеличению продуктивности фотосинтеза и в конечном итоге – повышению уровня урожайности.

Одним из способов подготовки клубней к посадке, способствующих росту хозяйственно ценных признаков, является стимуляция роста растений картофеля. По мнению З. А. Дмитриевой и В. А. Зеленского [11], применение биохимических стимуляторов роста (тиомочевина, гиббереллина, гетероауксина, альфанафтилоцитовой кислоты и др.) положительно действует на формирование большего количества ростков на клубнях, способствует повышению уровня урожайности картофеля, однако это не всегда дает возможность получить экологически чистую товарную продукцию.

## **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА**

Целью исследования является изучение в комплексе и усовершенствование элементов технологии выращивания раннеспелых сортов для получения высокой урожайности картофеля в ранний летний период в условиях Западной лесостепи Украины:

- в процессе подготовки семенного материала к посадке установить эффективность стимулирующих надрезов для раннеспелых сортов картофеля в зависимости от величины посадочной фракции клубней;
- определить оптимальную фракцию посадочных клубней и площадь питания для растений картофеля раннеспелых сортов, которые бы обеспечили раннее получение продукции с высокой урожайностью и высокими качественными показателями клубней;
- установить площадь и уровень питания для получения стеблестоя растений, который обеспечит высокую продуктивность фотосинтеза и получения максимального количества раннеспелой экологически безопасной продукции;
- оценить эффективность действия каждого из агротехнических факторов, комплексное сочетание их во взаимодействии.

Схема полевого опыта представлена в таблице 1.

Параметры опыта: число вариантов – 64 по каждому сорту; повторность во времени – 2015–2016 гг.; число участков – 128.

Площадь участков: I-го порядка (сорт) – 168 м<sup>2</sup>; II-го порядка (уровень питания) – 42 м<sup>2</sup>; III-го порядка (фракция клубней и площадь питания) – 7,0 м<sup>2</sup>. Повторность – трехкратная. Второе и третье повторения аналогичны первому, только участки с питанием размещены рендомизировано.

Методы проведения исследований:

- фенологические наблюдения проводили визуально, отмечали фазы развития растений: всходы, бутонизация, цветение и отмирание ботвы;
- полевую всхожесть и количество растений на посевной площади определяли путем подсчета всех кустов на участке в период полных всходов;
- стеблестой растений в зависимости от стимулирующих надрезов клубней определяли путем подсчета количества стеблей в кусте;
- биометрические характеристики определяли: высоту растений в фазу цветения путем измерения расстояния от поверхности почвы до цветоножки соцветия; площадь листовой поверхности в расчете на гектар посева методом

Таблица 1 – Схема полевого опыта

Фракция клубней	Площадь питания, см	Площадь участка, м		Сорт	Уровень питания			
		длина	ширина					
≥ 45 мм (без стимуляции)	70×25	1,4	Киммерия	контроль (без удобрения)	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub> (рекомендованная доза)	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub> (рекомендованная доза) + микроудобрение	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub> (рекомендованная доза) + микроудобрение + стимулятор роста	
	70×50							
≥ 45 мм (стимуляция)	70×25							
	70×50							
≥ 60 мм (без стимуляции)	70×25							
	70×50							
≥ 60 мм (стимуляция)	70×25							
	70×50							
≥ 45 мм (без стимуляции)	70×25	1,4	Щедрик	контроль (без удобрения)	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub> (рекомендованная доза)	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub> (рекомендованная доза) + микроудобрение	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub> (рекомендованная доза) + микроудобрение + стимулятор роста	
	70×50							
≥ 45 мм (стимуляция)	70×25							
	70×50							
≥ 60 мм (без стимуляции)	70×25							
	70×50							
≥ 60 мм (стимуляция)	70×25							
	70×50							

высечки по методике А. А. Ничипоровича [12]. Площадь листовой поверхности рассчитывали по формуле

$$S = (P \times S_1) : (P_1 \times n),$$

где  $S$  – площадь листьев одного растения, см;

$P$  – масса листьев всех растений, г;

$S_1$  – площадь высечки (дисков), см;

$P_1$  – масса всех высечек, г;

$n$  – количество отобранных растений, которые составляют средний образец, шт.

Техника определения чистой продукции фотосинтеза заключалась в отборе образцов растений картофеля в основные междуфазные периоды развития культуры (всходы, бутонизация, цветение, цветение – отмирание), начиная с фазы полных всходов из трех полевых повторений каждого варианта. Чистую продуктивность фотосинтеза рассчитывали по формуле Кидда, Веста, Бригса:

$$\Phi_{\text{ч. пр.}} = (B_2 - B_1) : [(L_1 + L_2) : 2] \times T,$$

где  $\Phi_{\text{ч. пр.}}$  – чистая продуктивность фотосинтеза, г/м<sup>2</sup>/сутки;

$B_1$  и  $B_2$  – прирост сухого вещества на гектар посева за соответствующий период, г;

$L_1$  и  $L_2$  – площадь листьев растений с той же площади насаждений в начале и в конце того же промежутка времени, тыс. м<sup>2</sup>/га;

$(L_1 + L_2) : 2$  – средняя площадь листьев за данный промежуток времени;

$T$  – количество суток междуфазного периода.

Учет уровня урожайности проводили путем сплошного выкапывания и взвешивания всех собранных клубней с каждого участка. За сбором весовым методом определяли структуру урожая. Результаты учета урожая обрабатывали методом дисперсионного анализа для многофакторного опыта по Б. А. Доспехову [13].

Почвы, на которых проводили исследования, серые лесные поверхностно-оглеенные, крупнопылевато-легкосуглинистые на лессовидных отложениях. Они не однолетние по профилю механического состава и от этого существенно зависят режимы их увлажнения. Верхние горизонты имеют более высокую влажность по сравнению с нижними. По этой причине в дождливые сезоны или в годы с большим количеством осадков они подпадают под избыточное увлажнение и оглеение, а в засушливые годы достаточно обеспечены продуктивной влагой. Кроме того, на оглеение большое влияние оказывают и подпочвенные воды, глубина залегания которых колеблется в пределах 1,5–1,8 м.

На основании проведенных агрохимических анализов установлено, что почвы под опытами бедные гумусом – 1,58–1,67 %, имеют кислую реакцию почвенного раствора – рН 4,80–5,17, сумма оснований составляет 6,20–7,22.

Степень насыщенности основаниями составляет 65,3–71,6 %. Почва слабо обеспечена доступными для растений формами фосфора и калия. Так, содержание легкодоступных подвижных фосфатов составляет 4,10–4,78, обменного калия – 5,50–6,00 мг на 100 г почвы.

Физические свойства почвы закладки опытов характеризовались следующими показателями: удельная масса 2,63–2,70 г/см<sup>3</sup>, по профилю вниз увеличивается равномерно. Плотность почвы в слое, где в основном расположены корни растений картофеля – 1,12–1,37 г/см<sup>3</sup>, что является не всегда благоприятным для роста и развития растений. С увеличением глубины объемная и удельная масса увеличивается, а общая пористость уменьшается. Такова основная характеристика почв, где проводились полевые опыты.

Метеорологические условия 2015 г. характеризовались высоким температурным режимом. Начиная с марта температура воздуха была на 0,5...5,2 °С выше средней многолетней. Особенно жарким был август, когда средняя месячная температура воздуха была на уровне 22,1 °С, что на 5,2 °С выше нормы. В целом за вегетационный период сумма температур за май – август составили 73,2 °С при норме 63,6 °С.



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

Количество осадков, выпавших в период вегетации растений (май – август), составило 239,3 мм, что на 4,3 мм меньше средних многолетних показателей. Их распределение не способствовало хорошему росту и развитию растений картофеля, несмотря на лимит осадков в июне (–50,7 мм) и оптимальные запасы осадков мая (+33,6 мм), последние не компенсировали их недостаток. В целом в период вегетации картофеля температурный и водный режимы обеспечили благоприятные условия получения высокого уровня урожайности только для раннеспелых и среднеранних сортов картофеля.

Метеорологические условия 2016 г. в течение вегетационного периода характеризовались незначительным повышением температурного режима и недостаточным количеством атмосферных осадков. Температура воздуха в период вегетации растений по всем месяцам была выше нормы в среднем на 1,6...3,1 °С, а в июле и августе – на 2,0 и 1,7 °С соответственно.

Что же касается количества атмосферных осадков, то в целом их было значительно меньше средних многолетних показателей, хотя в апреле их выпало на 10,5 мм больше по сравнению со средними месячными данными. В течение вегетационного периода количество осадков было значительно меньше допустимых норм на 143,0 мм (за март – август) (табл. 2).

Существенная нехватка количества осадков июня – августа, когда растения находились в межфазном периоде бутонизация – цветение, способствовала

Таблица 2 – Климатические условия в годы исследований

Показатели	Месяц						Сума за	
	март	апрель	май	июнь	июль	август	март – август	май – август
<b>2015 г.</b>								
Температура воздуха, °С	4,8	8,1	13,4	17,8	19,9	22,1	86,1	73,2
Норма	0,5	7,4	12,9	16,3	17,5	16,9	71,5	63,6
Отклонение	+4,3	+0,7	+0,5	+1,5	+2,4	+5,2	+14,6	+9,6
Атмосферные осадки, мм	37,6	22,3	108,6	42,2	87,4	1,1	299,2	239,3
Норма	44,0	51,0	75,0	93,0	102,0	82,0	447,0	352,0
Отклонение	–6,4	–28,7	+33,6	–50,7	–14,6	–80,9	–147,8	–112,7
<b>2016 г.</b>								
Температура воздуха, °С	4,3	10,5	14,5	18,7	19,5	18,6	86,1	71,3
Норма	0,5	7,4	12,9	16,3	17,5	16,9	71,5	63,6
Отклонение	+3,8	+3,1	+1,6	+2,0	+2,0	+1,7	+14,6	+7,7
Атмосферные осадки, мм	32,3	61,5	58,1	62,5	66,6	21,8	302,8	209,0
Норма	44,0	51,0	75,0	93,0	102,0	82,0	447,0	352,0
Отклонение	–11,7	+10,5	–16,9	–30,5	–35,4	–60,2	–144,2	–143,0

Примечание. По данным Львовского областного метеоцентра, отделение воднотемпературной регистрации с. Оброшино.

значительному развитию макроспориоза, что привело к повреждению вегетативной массы, особенно среднеспелых и среднепоздних сортов, и к существенному недобору урожая по сортам таких групп спелости.

Размещение культур в севообороте сектора картофелеводства, где проведены исследования: рапс озимый (сидеральная культура), картофель, пшеница озимая, яровые зерновые.

Минеральные удобрения NPK вносили в форме нитроаммофоски, калий балансировали согласно дозе внесения калимагнезия.

Характеристика микроудобрения и стимулятора роста, которые использовали для внекорневой подкормки:

Микро-Минералис (картофель) – специализированное жидкое микроудобрение, не содержит хлора, для внекорневой подкормки картофеля, химический состав которого соответствует физиологическим потребностям данной культуры: калий улучшает образование сухих веществ, магний усиливает процесс фотосинтеза, марганец и бор увеличивают содержание сухих веществ и необходимы для образования крахмала. Композиция из бора, марганца и магния уменьшает уровень пораженности паршой, медь играет роль антидепрессанта при неблагоприятных погодных условиях и усиливает устойчивость растений картофеля к болезням;

Нано-Минералис содержит десять жизненно необходимых для растений биогенных металлов – Cu, Fe, Co, Mo, Mg, Mn, Zn, Ge, Se, Nd в форме нанокарбоксилатов.

Преимущества препаратов, использованных в исследованиях:

- хелатирующим агентом в Нано-Минералис выступает янтарная кислота;
- обработка семян микроудобрением Нано-Минералис обеспечивает отличное стартовое развитие растения, повышает его устойчивость к стрессам и иммунитет;
- Нано-Минералис – реаниматор для растений. Значительно повышает всхожесть и энергию прорастания растений;
- сукцинат, содержащийся в препарате Нано-Минералис, нормализует естественную микрофлору почвы и жизнедеятельность микроорганизмов, находящихся в ней;
- обработка овощных культур в период вегетации способствует увеличению содержания витаминов;
- янтарная кислота, содержащаяся в препарате Нано-Минералис, помогает микроорганизмам в почве быстрее разрушать органические вещества с повышенной токсичностью, а также не позволяет токсинам накапливаться в растении;
- внекорневые внесения препарата способствуют увеличению количества концентрации хлорофилла, ускоряют развитие растения;
- благодаря наличию природных веществ Нано-Минералис быстро поглощается растением и значительно ускоряет усвоение микро- и макроэлементов из почвы;

– Нано-Минералис повышает урожайность сельскохозяйственных культур до 30 %.

*Характеристика раннеспелых сортов картофеля – объектов исследования.* Ранний столовый сорт картофеля Киммерия получили от скрещивания сортов Славянка и Свитанок киевский. Вегетационный период – 100 дней. По результатам конкурсного испытания на полях Института картофелеводства НААН Украины на 60-й день после посадки урожайность составила 18,7 т/га. Общая урожайность сорта в конце вегетации в среднем – 42,0–43,6 т/га. Сорт Киммерия характеризуется высокой засухоустойчивостью и пригоден для выращивания двухурожайной культурой на юге Украины.

В клубнях содержится 13,2 % крахмала, белка – 2,1 %, редуцированных сахаров – 0,10. Пригоден для переработки на чипсы и картофель фри. Вкусовые качества хорошие – 8,2 балла. Клубни слабо развариваются, продолговато-овальные, кремовые, мякоть кремовая. Куст прямостоячий, средней высоты, стебли средней толщины. Листок по размеру средний, умеренно зеленый. Соцветия по размеру средние, цветки красно-фиолетового цвета. Устойчив против обычного ( $D_1$ ) и агрессивного биотипов рака и картофельной цистообразующей нематоды, относительно устойчив к фитофторозу по листьям и кольцевой гнили. Рекомендуется для выращивания во всех зонах Украины.

Ранний столовый сорт картофеля Щедрик получен в результате скрещивания многовидового гибрида 85.291с.12 с сортом Багряна. Вегетационный период (от посадки до отмирания ботвы) – 98 дней. На полях Института при внесении в почву 400 кг/га нитроаммофоски и 25 т/га зеленой массы сидератов урожай товарных клубней на 60-й день после посадки составил 16,1 т/га. В конце вегетации его общая урожайность достигла 42,6 т/га, максимальная урожайность – 62,0 т/га. По данным государственного сортоиспытания, гарантированный прирост урожайности сорта по сравнению со стандартами на Полесье Украины составил 24,3 %, а в Лесостепи – 44,5 %.

Куст средней высоты, прямостоячий, стебель средней толщины. Листок по размеру средний, умеренно зеленый, доли – среднего размера. Соцветия средние по размеру, венчик цветка – белый. Клубни сорта округлые, желтые, с белой мякотью, цветки белые. Масса товарного клубня – 100–110 г, содержание крахмала в клубнях – 13,7–14,1 %, белка – 2,3, редуцированных сахаров – 0,11 %. Этот сорт также пригоден для переработки. Вкусовые качества хорошие – 8,1 балла. Устойчив к обычному, межгорному и раховскому патотипам рака. Высокоустойчив против стеблевой нематоды. Имеет относительную устойчивость против ржавой пятнистости клубней, вирусных и бактериальных болезней [14].

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Картофель – культура, требовательная к агротехническим приемам независимо от почвенно-климатических условий и зоны выращивания, а также к удобрениям. Влияние удобрений на рост и развитие растений зависит от группы

спелости сорта, уровней и площади питания. Полноценный режим питания в первую очередь зависит от оптимального соотношения таких факторов.

Для обеспечения растений культуры необходимым количеством удобрений необходимо учитывать биологические свойства сорта и целевое его назначение (на продовольственные цели, переработку, выращивание семенного материала и т. п.), а также тип почвы, плодородие, форму минеральных удобрений, сроки и нормы их внесения, почвенно-климатические условия зоны выращивания.

Продуктивность растений картофеля в основном зависит от эффективности работы фотосинтетического аппарата. Размер листовой поверхности – это основной фактор, обуславливающий поглощение и использование зеленым растением энергии солнечной радиации. Удобрения являются главным средством, с помощью которого можно регулировать размер листовой поверхности и таким образом влиять на уровень урожайности. Поэтому рациональное минеральное питание должно быть направлено на создание оптимальных размеров листовой поверхности посевов на протяжении всей вегетации.

Уровень развития вегетативной массы может быть охарактеризован массой ботвы, количеством стеблей, площадью листьев, фотосинтетическим потенциалом и особенностью куста. Развитие листового аппарата растений картофеля в большинстве является результатом полного использования благоприятных условий питания, влаги почвы и воздуха, оптимальной температуры для формирования ассимиляционной поверхности листьев и накопления урожая.

Изучение биометрических показателей раннеспелых сортов картофеля Киммерия и Щедрик показало, что формирование количества стеблей на кусте зависит от уровня и площади питания растений, а также фракции посадочных клубней (табл. 3).

Различные дозы удобрений и фракция посадочных клубней влияют на условия роста и развития растений. Так, повышение дозы удобрений приводит к увеличению надземного аппарата: площади листовой поверхности и высоты растений. Способность клубней к формированию стеблей в основном зависит от сорта, а также массы посадочных клубней: большие клубни дают в процессе прорастания больше ростков, из которых формируются полноценные стебли.

Результаты исследований в среднем за два года показали, что с увеличением уровня питания среднее количество стеблей одного куста сорта Киммерия увеличилось с 5,3 до 6,6 шт., Сорта Щедрик – с 4,4 до 5,8 шт., или на 13,2 и 9,1 % соответственно.

Общее количество образовавшихся стеблей на одном кусте – это биологическая особенность каждого сорта картофеля. Сорт Киммерия отмечался значительно большей (на 21,7 %) способностью формировать стебли. Среднее количество образованных стеблей при одинаковых условиях выращивания составляет 5,6 шт. на один куст, тогда как сорта Щедрик – всего 4,6 шт.

Фракция посадочных клубней также оказала влияние на способность обоих сортов картофеля формировать стебли, которые были объектом изучения.

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

Таблица 3 – Влияние фракции посадочных клубней и площади питания растений на стеблеобразующую способность раннеспелых сортов картофеля, 2015–2016 гг.

Уровень питания	Фракция посадочных клубней, мм	Площадь питания, см	Количество клубней в кусте, шт.	Стеблестой, тыс/га	Высота стебля в фазу	
					бутонизации (60-й день после посадки)	цветения (70-й день после посадки)
<b>Киммерия</b>						
Контроль (без удобрений)	≥ 45	70×25	5,0	275	56,2	56,5
		70×50	5,5	302	57,5	60,2
	≥ 60	70×25	5,2	286	58,4	61,4
		70×50	5,4	297	60,2	63,6
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub> (рекомендованная доза)	≥ 45	70×25	5,3	291	58,3	65,5
		70×50	5,9	324	66,2	69,2
	≥ 60	70×25	6,0	330	65,4	71,3
		70×50	6,6	363	70,7	72,6
НСР <sub>05</sub>			0,4	18	5,3	6,0
<b>Щедрик</b>						
Контроль (без удобрений)	≥ 45	70×25	3,6	198	46,2	47,6
		70×50	4,0	220	48,4	49,7
	≥ 60	70×25	4,4	242	49,5	50,2
		70×50	5,5	302	50,7	52,5
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub> (рекомендованная доза)	≥ 45	70×25	4,2	231	60,5	61,5
		70×50	4,5	247	62,5	63,7
	≥ 60	70×25	4,7	258	62,9	64,8
		70×50	5,8	319	63,8	65,4
НСР <sub>05</sub>			0,5	27	5,8	6,0

Максимальный стеблестой, который формировали растения сорта Киммерия с клубней величиной 45 мм и больше, составлял 324 тыс. стеблей на гектар, тогда как при посадке клубнями 60 мм и более – 363 тыс. шт/га, или на 12,0 % больше, по сорту Щедрик – 247, 319, или на 29,1 % соответственно.

При увеличении площади питания растений с 70×25 см до 70×50 см количество стеблей на одном кусте сорта Киммерия выросло на 8,9 %, стеблестой – с 295 до 321 стеблей на гектар, или на 2,6 тыс. шт/га больше, у сорта Щедрик – на 17,8 % с 232 до 272 тыс. шт/га, или на 40 тыс. шт/га больше.

Рост растений картофеля в высоту также зависел от сорта картофеля, дозы удобрения, массы посадочных клубней и площади питания растений. На 60 день после посадки они сформировали разную высоту растений. У раннеспелого сорта Киммерия в фазу бутонизации высота растений в среднем составляла 61,6, в фазу цветения 65,0 см; растения сорта Щедрик в эти фазы формировали высоту значительно меньше – только 55,5 и 57,0 см соответственно.

На вариантах с рекомендованной дозой удобрений N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>90</sub> высота растений по сравнению с растениями на контроле (без удобрений) была на 11,5 %

выше; в среднем составляла 60,4 см на посадках контроля (без удобрений) и 69,6 см на вариантах, где вносили  $N_{60}P_{60}K_{90}$ . Аналогичная закономерность увеличения высоты стеблей растений на более высоком агротехническом фоне была и у сорта Щедрик.

Высота растений в фазу цветения зависела от величины посадочных клубней. При посадке фракцией 45 мм и более средняя высота растений сорта Киммерия составляла 62,8 см, при посадке фракцией 60 и более мм – 67,2 см, или на 7,0 %. Растения были выше у сорта Щедрик на 4,7 %.

Влияние площади питания на высоту стеблестоя была незначительной, хотя тенденция увеличения высоты при росте площади питания наблюдалась в обоих сортах картофеля, которые были в опытах.

По площади питания 70×50 см превышение прироста у растений в высоту у сорта Киммерия составляло лишь 2,7 см, у сорта Щедрик – 1,8 см по сравнению с площадью питания 70×25 см.

Из агротехнических приемов, которые изучали в процессе выращивания раннеспелых сортов Киммерия и Щедрик, наиболее высокое влияние на нарастание вегетационной массы и ассимиляционной поверхности имел уровень питания растений. При внесении рекомендованной дозы удобрений  $N_{60}P_{60}K_{90}$  вес надземной массы на 60-й день после посадки клубней у сорта Киммерия составил 477 г, тогда как на контроле (без удобрений) только 318 г, или на 159 г больше. В фазу цветения превышение вегетационной массы при внесении удобрений составляло 202 г, или 58,4 %. Аналогичная закономерность роста вегетационной массы растений в зависимости от увеличения уровня питания наблюдали и у растений сорта Щедрик.

Наибольшие показатели вегетационной массы 548–623 г отмечены на фоне рекомендованной подкормки, и ее вес был в 1,3 раза больше, чем на контроле (без удобрений) (табл. 4).

Фракция посадочных клубней не имела существенного влияния на вес вегетационной массы. При посадке фракцией 45 мм средний вес ботвы у сорта Киммерия составлял 440 г, сорта Щедрик – 355 г, а при увеличении посадочной фракции до 60 мм и более, вегетационная масса выросла всего на 3,2 и 5,3 % и составила 454 и 374 г соответственно.

Увеличение площади питания с 70×25 см до 70×50 см обеспечило рост биомассы у растений сорта Киммерия на 20,7 %, сорта Щедрик – на 14,1 %. При площади питания 70×50 см вегетационная масса с куста растений сорта Киммерия составляла 489 г, сорта Щедрик – 388 г, а на площади 70×25 см – всего 405 и 340 г, или на 84 и 48 г меньше соответственно.

Средний вес листьев на одном кусте раннеспелого сорта Киммерия был несколько выше и составлял 124 г, у сорта Щедрик – 113 г, что в процентном отношении составляет 27,7 и 29,3 % соответственно от общего веса одного куста.

Влияние изучаемых агротехнических факторов на рост и развитие растений картофеля раннеспелых сортов Киммерия и Щедрик связан с биологическими

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

Таблица 4 – Надземная биомасса и ассимиляционная площадь листьев раннеспелых сортов картофеля при разных уровнях питания и фракции посадочных клубней, среднее за 2015–2016 гг.

Уровень питания	Фракция посадочных клубней, мм	Площадь питания, см	Вес вегетационной массы, г		Вес листьев, г	Ассимиляционная площадь листьев, тыс. м <sup>2</sup> /га	
			бугонизация (60-й день после посадки)	цветение (70-й день после посадки)		бугонизация (60-й день после посадки)	цветение (70-й день после посадки)
<b>Киммерия</b>							
Контроль (без удобрения)	≥ 45	70×25	342	350	78	34,3	39,8
		70×50	365	407	90	36,3	40,0
	≥ 60	70×25	270	315	89	31,1	34,8
		70×50	298	315	92	33,6	35,0
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub> (рекомендованная доза)	≥ 45	70×25	400	458	101	41,0	41,4
		70×50	410	547	125	42,2	42,9
	≥ 60	70×25	470	498	185	49,8	52,0
		70×50	628	690	232	50,6	54,9
НСР <sub>05</sub>			21,8	34,7	14,5	6,4	7,2
<b>Щедрик</b>							
Контроль (без удобрения)	≥ 45	70×25	235	264	68	20,5	26,5
		70×50	237	265	82	21,5	29,0
	≥ 60	70×25	173	189	70	22,7	25,2
		70×50	238	265	85	29,0	30,7
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub> (рекомендованная доза)	≥ 45	70×25	378	420	126	40,2	42,7
		70×50	425	470	148	41,1	44,2
	≥ 60	70×25	413	489	140	40,7	41,1
		70×50	548	553	184	45,6	48,8
НСР <sub>05</sub>			26,5	35,7	12,3	8,2	9,4

свойствами сорта. На 60-й день после всходов ассимиляционная поверхность сорта Киммерия в среднем составляла 40,0 тыс. м<sup>2</sup>/га, сорта Щедрик – 33,3, на 70-й день – 42,7 и 37,9 тыс. м<sup>2</sup>/га соответственно и за 10 дней выросла всего на 6,7–13,8 % соответственно (табл. 5).

Ассимиляционная поверхность листьев зависела от уровней питания и при рекомендуемой дозе внесения удобрений (N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>90</sub>) в среднем составляла 48,3 тыс. м<sup>2</sup>/га у сорта Киммерия и 46,9 тыс. м<sup>2</sup>/га у сорта Щедрик, или на 30,8 и 62,8 % соответственно была больше по сравнению с контролем (без удобрений).

В результате проведенных расчетов была определена величина влияния агротехнических факторов на рост растений раннеспелых сортов картофеля, в том числе на увеличение площади листовой поверхности в фазу цветения (70 дней после посадки).

На рост и развитие площади листовой поверхности обоих сортов картофеля наибольшим было влияние фактора А (дозы удобрений).

Таблица 5 – Влияние агротехнических приемов на рост ассимиляционной поверхности картофеля сортов Киммерия и Щедрик, среднее за 2015–2016 гг.

Агротехнические приемы	Ассимиляционная поверхность раннеспелых сортов картофеля в фазу цветения			
	Киммерия		Щедрик	
	тыс. м <sup>2</sup> /га	%	тыс. м <sup>2</sup> /га	%
Фактор А – дозы удобрений				
Контроль (без удобрения)	37,4	–	27,7	–
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub> (рекомендованная доза)	47,7	27,5	44,2	59,5
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub> (рекомендованная доза) + + Микро-Минералис (картофель)	49,8	33,1	45,3	63,5
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub> (рекомендованная доза) + + Микро-Минералис (картофель) + + Нано-Минералис	50,0	33,7	46,7	68,6
Фактор Б – площадь питания				
70×25 см	42,0	–	33,8	–
70×50 см	43,2	2,8	38,2	13,0
Фактор В – фракция посадочных клубней				
≥ 45 мм	41,0	–	35,6	–
≥ 60 мм	44,2	7,8	36,4	2,2
Фактор С – стимулирующие надрезы				
Без стимуляции	39,6	+1,5	35,4	–
Стимулированные	39,0	–	34,6	–2,3

Следует отметить, что влияние этого фактора было более существенным для сорта Щедрик. Прирост ассимиляционной поверхности листьев данного сорта на вариантах при внесении N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>90</sub> и внекорневой подкормке микроудобрением Микро-Минералис в дозе 1,5 л/га и применении стимулятора роста Нано-Минералис в дозе 30 г/га составлял 16,5–19,0 тыс. м<sup>2</sup>/га, или 59,5–68,6 %. На этом же варианте удобрения у сорта Киммерия по сравнению с вариантом контроль (без удобрений) был меньше и составлял 10,3–12,6 тыс. м<sup>2</sup>/га, или 27,5–33,7 %.

Прирост ассимиляционной поверхности листьев от увеличения площади питания большим был также для растений сорта Щедрик. Увеличение площади питания до 70×50 см по сравнению с 70×25 см в среднем составило прирост листовой поверхности этого сорта на 4,4 тыс. м<sup>2</sup>/га, или 13,0 %, тогда как у растений сорта Киммерия – только на 1,2 тыс. м<sup>2</sup>/га, или на 2,8 %.

Увеличение посадочной фракции клубней с 45 до 60 мм и выше обеспечило более интенсивное нарастание площади листовой поверхности сорта Киммерия – 3,2 тыс. м<sup>2</sup>/га, или 7,8 %. У растений сорта Щедрик при увеличении посадочной фракции клубней до 60 мм и более прирост площади ассимиляционной поверхности составлял лишь 0,8 тыс. м<sup>2</sup>/га, или 2,2 %. Фактор С (стимулирующие надрезы) не имел существенного влияния на увеличение площади листовой поверхности растений сорта Киммерия, а для сорта Щедрик этот агротехнический прием показал отрицательный результат.



Получение высокого урожая клубней картофеля раннеспелых сортов обеспечивает наличие высокопроизводительных сортов, качественного семенного материала и оптимальной технологии выращивания, которая включает соответствующие агротехнические приемы, способствующие получению товарной продукции в наиболее ранние сроки. Оптимальное соотношение технологических приемов способствует наиболее эффективному действию отдельных факторов и может стать основой для совершенствования традиционной технологии выращивания картофеля.

На повышение уровня урожайности картофеля влияют среднесуточные приросты урожайности, однако конечная урожайность зависит от оптимального сочетания комплекса агротехнических мероприятий и особое место при этом занимают биологические свойства сортов, группа спелости, уровень питания и другие факторы.

Динамика накопления урожайности клубней показала, что на 60-й день после посадки сорт Щедрик накапливал урожайность 9,0 т/га на контроле (без удобрений) и 21,8 т/га на посадках с внесением рекомендованных доз для раннеспелых сортов  $N_{60}P_{60}K_{90}$ . На 70-й день в фазу начало цветения урожайность возросла до 19,1 и 37,6 т/га соответственно, то есть среднесуточный прирост у растений сорта Щедрик составлял 1,0–1,6 т/га.

Динамика накопления урожайности клубней у картофеля сорта Киммерия была менее интенсивной. На 60-й день после посадки урожайность клубней на участках контроля (без удобрений) составляла 4,7 т/га, на вариантах с внесением  $N_{60}P_{60}K_{90}$  – 14,5 т/га. На 70-й день после посадки клубней в фазу начало цветения растений урожайность возросла до 17,6 и 26,7 т/га соответственно, то есть среднесуточный прирост клубней составлял 1,2–1,3 т/га.

Итак, сорт Щедрик при выращивании и применении одинаковых агротехнических приемов, по сравнению с картофелем сорта Киммерия, благодаря биологическим свойствам может обеспечить более высокую урожайность клубней.

Урожайность сортов в годы проведения исследований при применении одинаковых приемов, которые изучали, зависела от природно-климатических условий, сложившихся в период вегетации. Более высокая урожайность клубней по обоим сортам картофеля была получена в 2015 г.: у раннеспелого сорта Щедрик на контроле (без удобрений) урожайность составляла 40,3 т/га, на варианте с удобрением – 57,4 т/га, а в 2016 г. 29,5 и 45,2 т/га соответственно.

У раннеспелого сорта Киммерия в 2015 г. на контроле (без удобрений) урожайность достигла 38,6 т/га, а в 2016 – только 24,6 т/га. При внесении удобрений  $N_{60}P_{60}K_{90}$  и внекорневой подкормке микроудобрениями: в 2015 г. – 53,5 т/га, в 2016 – 44,7 т/га.

Урожайность клубней раннеспелых сортов Щедрик и Киммерия в 2016 г. была на 27,0 и 19,7 % соответственно меньше, чем в 2015 г., что указывает на оптимальные природно-климатические условия 2016 г., которые сложились во время вегетации растений картофеля.

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

Урожайность картофеля сорта Щедрик в среднем за два года исследований (2015–2016 гг.) составила 48,9–65,0 т/га, сорта Киммерия – 40,8–58,6 т/га. Разница урожайности между сортами составила 10,9–19,8 % (табл. 6).

Самый высокий уровень урожайности клубней был получен при применении комплекса следующих агротехнических приемов: внесение удобрений в рекомендованной для раннеспелых сортов дозе –  $N_{60}P_{60}K_{90}$  + внекорневая подкормка микроудобрением Микро-Минералис (картофель) в дозе 1,5 л/га и обработка стимулятором роста Нано-Минералис в норме 30 г/га. У сорта Щедрик урожай был на уровне 65,0 т/га, у сорта Киммерия – 58,6 т/га.

При выращивании раннеспелых сортов картофеля Киммерия и Щедрик без применения минерального питания можно получить от 25,0 до 40,0 т/га экологически безопасной продукции. Об этом свидетельствуют данные двухлетних исследований, где на контроле (без удобрений) урожайность клубней сорта Щедрик составляла 33,4–49,2 т/га, сорта Киммерия – 25,2–35,9 т/га.

По результатам исследований установили прирост урожайности клубней раннеспелых сортов картофеля Щедрик и Киммерия, зависимость величины

Таблица 6 – Урожайность сортов картофеля Киммерия и Щедрик, среднее за 2015–2016 гг., т/га

Фракция посадочных клубней	Площадь питания, см	Уровень питания			
		Контроль (без удобрений)	$N_{60}P_{60}K_{90}$ (рекомендованная)	$N_{60}P_{60}K_{90}$ (рекомендованная) + Микро-Минералис (картофель)	$N_{60}P_{60}K_{90}$ (рекомендованная) + Микро-Минералис (картофель) + Нано-Минералис
<b>Щедрик</b>					
≥ 45 мм (без стимуляции)	70×25	33,4	42,2	47,7	48,9
	70×50	37,9	43,9	50,4	51,3
≥ 45 мм (стимуляция)	70×25	35,3	44,8	48,3	50,6
	70×50	39,4	45,7	52,4	58,5
≥ 60 мм (без стимуляции)	70×25	38,9	45,3	50,3	60,2
	70×50	44,2	46,9	51,8	61,1
≥ 60 мм (стимуляция)	70×25	38,3	47,0	55,1	59,8
	70×50	40,1	48,8	56,4	65,0
НСР <sub>05</sub>		3,2–3,8			
<b>Киммерия</b>					
≥ 45 мм (без стимуляции)	70×25	25,2	32,0	36,7	40,8
	70×50	30,7	42,9	46,9	51,0
≥ 45 мм (стимуляция)	70×25	28,9	35,2	37,5	42,6
	70×50	32,8	45,8	48,9	52,7
≥ 60 мм (без стимуляции)	70×25	30,4	36,3	39,8	43,9
	70×50	34,8	48,8	54,6	57,8
≥ 60 мм (стимуляция)	70×25	35,2	41,4	45,9	48,6
	70×50	35,9	51,5	56,5	58,6
НСР <sub>05</sub>		2,1–3,0			

приростов и их величину от каждого из агротехнических мероприятий, которые были включены в исследование. Данные приведены в таблицах 7 и 8.

По данным расчетов прироста урожайности от применения агротехнических мероприятий выращивания раннеспелых сортов картофеля, установлено, что наиболее высокие приросты урожайности клубней обоих сортов обеспечили удобрения.

Внесение рекомендованной дозы  $N_{60}P_{60}K_{90}$  по сравнению с контролем (без удобрений) обеспечило прирост уровня урожайности клубней сорта Щедрик – 6,5–9,5 т/га, или 16,7–26,9 %, сорта Киммерия – 5,9–6,8 т/га, или 19,4–21,7 %.

Внесение той же дозы удобрений и дополнительная внекорневая подкормка Микро-Минералис (картофель) обеспечили прирост урожайности клубней сорта Щедрик 11,4–16,8 т/га, или 29,3–43,8 %.

Внесение минеральных удобрений в дозе  $N_{60}P_{60}K_{90}$  + Микро-Минералис (картофель) и обработка стимулятором роста Нано-Минералис обеспечили прирост урожайности клубней в обоих сортах картофеля: Щедрик – 21,5–24,9 т/га, или 56,1–62,0 %, Киммерия – 15,6–23,0 т/га, или 61,9–66,0 %.

Прирост урожайности от увеличения площади питания растений с  $70 \times 25$  см до  $70 \times 50$  см составлял в среднем 1,3–5,3 т/га, или 2,3–13,6 % у растений сорта Щедрик и 5,5–14,8 т/га, или 21,8–37,1 % – Киммерия. Следует отметить, что более эффективным увеличение площади питания до  $70 \times 50$  см было для растений сорта Киммерия. Если максимальный прирост величины урожайности клубней от этого агротехнического мероприятия у растений сорта Киммерия составлял 14,8 т/га, то у растений сорта Щедрик лишь 5,3 т/га.

Величина посадочной фракции клубней влияет на прирост урожайности сортов картофеля опытных образцов.

Для посадок сорта Щедрик прирост уровня урожайности от увеличения размера посадочных клубней с 45 до 60 мм и более в среднем составляли 5,3 и 5,8 т/га, то есть был равнозначным на обеих площадях питания ( $70 \times 25$  и  $70 \times 50$  см). Для растений сорта Киммерия увеличение посадочной фракции клубней до  $\geq 60$  мм и площади питания до  $70 \times 50$  см не имело соответствующей эффективности. Средний прирост урожайности клубней от увеличения посадочных клубней и площади питания  $70 \times 50$  см при такой величине посадочных клубней составлял 4,3 т/га, тогда как при этой же величине клубней и площади питания  $70 \times 25$  см прирост уровня урожайности составлял 5,7 т/га.

Наибольший прирост урожайности клубней сорта Щедрик от величины посадочных клубней  $\geq 60$  мм составлял 10,9–11,3 т/га, или 22,2–23,1 % при площади питания  $70 \times 25$  см и внесении удобрений в дозе  $N_{60}P_{60}K_{90}$  + Микро-Минералис (картофель) + Нано-Минералис.

Стимулирование семенных клубней перед посадкой показало значительно меньшую эффективность и на отдельных вариантах исследований получены отрицательные результаты, в частности у растений сорта Щедрик на участках варианта контроля (без удобрений) стимулирующие надрезы на фракции клубней  $\geq 60$  мм. Характерно, что отрицательный результат на контрольном

Таблица 7 – Влияние агроприемов на прирост урожайности сорта Щедрик, среднее 2015–2016 гг.

Уровень питания	Посадочная фракция, мм	Подготовка к посадке	Урожайность, т/га	Прирост от									
				уровня питания		площади питания		размера фракции		стимулирующих надрезов			
				т/га	%	т/га	%	т/га	%	т/га	%		
Площадь питания 70×25 см													
Контроль (без удобрения)	≥ 45	Без стимуляции	33,4	–	–	–	–	–	–	–	–		
		Стимуляция	35,3	–	–	–	–	–	–	–	1,9	5,6	
	≥ 60	Без стимуляции	38,9	–	–	–	–	–	5,5	16,4	–	–	
		Стимуляция	38,3	–	–	–	–	–	3,0	8,4	–0,6	–1,6	
	≥ 45	Без стимуляции	42,2	8,8	26,3	–	–	–	–	–	–	–	
		Стимуляция	44,8	9,5	26,9	–	–	–	–	–	–	2,6	6,1
≥ 60	Без стимуляции	45,4	6,5	16,7	–	–	–	–	3,2	7,5	–	–	
	Стимуляция	47,0	8,7	22,7	–	–	–	–	2,2	4,9	1,6	3,5	
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub> (рекомендованная)	≥ 45	Без стимуляции	47,7	14,3	42,8	–	–	–	–	–	–	–	
		Стимуляция	48,3	13,0	36,8	–	–	–	–	–	0,6	1,2	
	≥ 60	Без стимуляции	50,3	11,4	29,3	–	–	–	–	2,6	5,4	–	–
		Стимуляция	55,1	16,8	43,8	–	–	–	–	6,8	14,0	4,8	9,5
	≥ 45	Без стимуляции	48,9	15,5	46,4	–	–	–	–	–	–	–	–
		Стимуляция	50,6	15,3	43,3	–	–	–	–	–	–	1,7	3,4
≥ 60	Без стимуляции	60,2	21,3	54,7	–	–	–	–	11,3	23,1	–	–	
	Стимуляция	59,8	21,5	56,1	–	–	–	–	10,9	22,2	–0,4	–0,7	
Площадь питания 70×50 см													
Контроль (без удобрения)	≥ 45	Без стимуляции	37,9	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
		Стимуляция	39,4	–	–	–	–	–	–	–	–	1,5	3,9
	≥ 60	Без стимуляции	44,2	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
		Стимуляция	40,1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	≥ 45	Без стимуляции	43,9	6,0	15,8	1,7	4,0	–	–	–	–	–	–
		Стимуляция	45,7	6,3	15,9	0,9	2,0	–	–	–	–	–	–
≥ 60	Без стимуляции	46,9	2,7	6,1	1,5	3,3	–	–	–	–	–	–	
	Стимуляция	48,8	8,7	21,6	1,8	3,8	–	–	–	–	–	–	

Окончание таблицы 7

Уровень питания	Посадочная фракция, мм	Подготовка к посадке	Урожайность, т/га	Прирост от							
				уровня питания		площади питания		размера фракции		стимулирующих надрезов	
				т/га	%	т/га	%	т/га	%	т/га	%
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub> (рекомендованная) + Микро-Минералис (картофель)	≥ 45	Без стимуляции	50,4	12,5	32,9	2,7	5,6	—	—	—	—
		Стимуляция	52,4	13,0	32,9	4,1	8,4	—	—	2,0	3,9
	≥ 60	Без стимуляции	51,8	7,6	17,1	1,5	2,9	1,1	2,7	—	—
		Стимуляция	56,4	16,3	40,6	1,3	2,3	4,0	7,6	4,6	8,8
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub> (рекомендованная) + Микро-Минералис (картофель) + Нано-Минералис	≥ 45	Без стимуляции	51,3	13,4	35,3	2,4	4,9	—	—	—	—
		Стимуляция	58,5	19,1	48,4	7,9	15,6	—	—	7,2	14,0
	≥ 60	Без стимуляции	61,1	16,9	38,2	0,9	1,4	9,8	19,1	—	—
		Стимуляция	65,0	24,9	62,0	5,2	8,6	6,5	11,1	3,9	6,3

Таблица 8 – Прирост урожайности сорта Киммерия от уровня и площади питания, размера посадочной фракции и способа подготовки клубней к посадке, среднее 2015–2016 гг.

Уровень питания	Посадочная фракция, мм	Способ подготовки к посадке	Урожайность, т/га	Прирост от								
				уровня питания		площади питания		размера фракции		стимулирующих надрезов		
				т/га	%	т/га	%	т/га	%	т/га	%	
				Площадь питания 70×25 см								
Контроль (без удобрения)	≥ 45	Без стимуляции	25,2	—	—	—	—	—	—	—	—	
		Стимуляция	28,9	—	—	—	—	—	—	3,7	14,6	
	≥ 60	Без стимуляции	30,4	—	—	—	—	—	5,2	20,6	—	
		Стимуляция	35,2	—	—	—	—	—	6,3	21,7	4,8	15,7
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub> (рекомендованная)	≥ 45	Без стимуляции	32,0	6,8	26,9	—	—	—	—	—	—	
		Стимуляция	35,2	6,3	21,7	—	—	—	—	—	3,2	10,0
	≥ 60	Без стимуляции	36,3	5,9	19,4	—	—	—	—	4,3	13,4	—
		Стимуляция	41,4	6,2	17,6	—	—	—	—	5,9	17,6	5,1

РАЗДЕЛ 4. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА, ПЕРЕРАБОТКИ И ХРАНЕНИЯ КАРТОФЕЛЯ

Окончание таблицы 8

Уровень питания	Посадочная фракция, мм	Способ подготовки к посадке	Урожайность, т/га	Прирост от										
				уровня питания		площади питания		размера фракции		стимулирующих надрезов				
				т/га	%	т/га	%	т/га	%	т/га	%			
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub> (рекомендованная) + Микро-Минералис (картофель)	≥ 45	Без стимуляции	36,7	11,5	45,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Стимуляция	37,5	8,6	29,7	-	-	-	-	0,8	2,1	-	-	-
	≥ 60	Без стимуляции	39,8	9,4	30,9	-	-	-	3,1	8,4	-	-	-	-
		Стимуляция	45,9	10,7	30,3	-	-	-	8,4	22,4	5,8	15,3	-	-
	≥ 45	Без стимуляции	40,8	15,6	61,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Стимуляция	42,6	13,7	47,4	-	-	-	-	-	1,8	4,4	-	-
≥ 60	Без стимуляции	43,9	13,5	44,4	-	-	-	3,1	7,5	-	-	-	-	
	Стимуляция	46,8	13,2	37,2	-	-	-	6,0	14,0	4,7	10,7	-	-	
Площадь питания 70×50 см														
Контроль (без удобрения)	≥ 45	Без стимуляции	30,7	-	-	5,5	21,8	-	-	-	-	-	-	-
		Стимуляция	32,8	-	-	3,9	13,4	-	-	-	2,1	6,8	-	-
	≥ 60	Без стимуляции	34,8	-	-	4,4	14,4	4,1	13,3	-	-	-	-	-
		Стимуляция	35,9	-	-	0,7	1,9	3,1	9,4	1,1	3,1	-	-	-
	≥ 45	Без стимуляции	42,9	12,2	39,7	10,9	34,0	-	-	-	-	-	-	-
		Стимуляция	45,8	13,0	39,6	10,6	30,1	-	-	-	2,9	6,8	-	-
≥ 60	Без стимуляции	48,8	14,0	40,2	12,5	34,4	5,9	13,7	-	-	-	-	-	
	Стимуляция	51,1	15,2	42,3	9,7	23,4	5,3	11,5	2,3	4,7	-	-	-	
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub> (рекомендованная) + Микро-Минералис (картофель)	≥ 45	Без стимуляции	46,9	16,2	52,7	10,2	27,7	-	-	-	-	-	-	-
		Стимуляция	48,9	16,1	49,0	11,4	30,4	-	-	-	2,0	3,9	-	-
	≥ 60	Без стимуляции	54,6	19,8	56,8	14,8	37,1	7,7	16,4	-	-	-	-	-
		Стимуляция	56,5	20,6	57,3	10,6	23,0	7,6	15,5	2,0	4,2	-	-	-
	≥ 45	Без стимуляции	51,0	20,3	66,1	10,2	25,0	-	-	-	-	-	-	-
		Стимуляция	52,7	19,9	60,6	10,1	23,7	-	-	-	1,9	3,4	-	-
≥ 60	Без стимуляции	57,8	23,0	66,0	13,9	31,6	6,8	13,3	-	-	-	-	-	
	Стимуляция	58,6	22,7	63,2	10,0	20,5	5,9	11,1	0,8	1,3	-	-	-	

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

варианте (без удобрений) от стимулирования был получен как на площади питания 70×25 см, так и на 70×50 см.

Для картофеля сорта Киммерия стимулирующие надрезы клубней перед посадкой на всех вариантах опыта имели положительный эффект и обеспечили прирост урожайности от 1,8 до 5,1 т/га.

На основе проведенных исследований был проведен расчет величины влияния агротехнических факторов на уровень урожайности клубней картофеля (табл. 9).

Установлено, что влияние фактора А (дозы удобрений) для растений сорта Щедрик составляло от 18,4 до 48,1 %, сорта Киммерия – от 31,5 до 56,1 %.

С увеличением уровня питания урожайность клубней картофеля возрастала. Если на контроле (без удобрений) урожайность клубней сорта Щедрик составляла 38,4 т/га, а сорта Киммерия – 31,7 т/га, то при внесении минеральных удобрений N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>90</sub> + Микро-Минералис (картофель) + Нано-Минералис она составляла соответственно сорту 56,9 и 49,5 т/га, урожайность клубней в среднем выросла в 1,48 и 1,56 раза.

Влияние фактора Б (площадь питания) более эффективным было для растений сорта Киммерия, где прирост урожайности клубней в среднем по фактору

Таблица 9 – Влияние агротехнических факторов на уровень урожайности, среднее за 2015–2016 гг.

Агротехнические факторы	Сорт Щедрик			Сорт Киммерия		
	урожай- ность, т/га	прирост		урожай- ность, т/га	прирост	
		т/га	%		т/га	%
<b>Фактор А – дозы удобрений</b>						
Контроль (без удобрения)	38,4	–	–	31,7	–	–
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub> (рекомендованная)	45,5	7,1	18,4	41,7	10,0	31,5
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub> (рекомендованная) + Микро-Минералис (картофель)	51,5	13,1	34,1	45,8	14,1	44,4
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub> (рекомендованная) + Микро-Минералис (картофель) + Нано-Минералис	56,9	18,5	48,1	49,5	17,8	56,1
<b>Фактор Б – площадь питания</b>						
70×25 см	46,6	–	–	37,5	–	–
70×50 см	49,6	3,0	6,4	46,8	9,3	24,8
<b>Фактор В – фракция клубней</b>						
≥ 45 мм	45,6	–	–	39,4	–	–
≥ 60 мм	50,6	5,0	10,9	44,6	5,2	13,1
<b>Фактор С – стимулирующие надрезы</b>						
Клубни без стимуляции	47,1	–	–	40,7	–	–
Стимулированные клубни	49,0	1,9	4,0	43,6	2,9	7,1

составлял 9,3 т/га, или 24,8 %, тогда как по сорту Щедрик прирост клубней составил всего 3,0 т/га, или 6,4 %.

Эффективность влияния фактора В (фракция клубней) была равнозначной для обоих сортов, прирост урожайности составлял 5,0 и 5,2 т/га, или 10,9 и 13,1 % соответственно.

Влияние фактора С (стимулирующие надрезы) обеспечило большую эффективность для сорта Киммерия, прирост в среднем 2,9 т/га, или 7,1 %, тогда как для сорта Щедрик лишь 1,9 т/га, или 4,0 %.

Доля влияния агротехнических факторов на урожайность клубней картофеля сортов Киммерия и Щедрик в исследованиях была следующей: удобрения – 64,7 и 70,9 %, площадь питания растений картофеля – 10,6 и 15,6, величина посадочной фракции клубней – 8,7 и 18,1, надрезы клубней для стимулирования – 4,8 и 6,6 % соответственно.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Наибольшую урожайность клубней картофеля 65,0 т/га сорта Щедрик и 58,6 т/га сорта Киммерия получили при применении комплекса агротехнических приемов: внесение удобрений в рекомендованной дозе для выращивания раннеспелых сортов в зоне Западной лесостепи:  $N_{60}P_{60}K_{90}$  + внекорневая подкормка микроудобрения Микро-Минералис (картофель) (1,5 л/га) и обработка стимулятором роста Нано-Минералис (30 г/га).

Установлено, что наибольшее влияние на урожайность клубней раннеспелых сортов картофеля имели удобрения: для растений сорта Щедрик – от 18,4 до 48,1 %, сорта Киммерия – от 31,5 до 56,1 %. С увеличением уровней питания до  $N_{60}P_{60}K_{90}$  + Микро-Минералис (картофель) + Нано-Минералис по сравнению с контролем (без внесения удобрений) урожайность клубней возрастает в 1,48–1,56 раза.

Эффективность увеличения площади питания растений картофеля с 70×25 до 70×50 см зависит от биологических свойств сорта. Этот агротехнический фактор был более эффективным для растений сорта Киммерия и обеспечил прирост урожайности клубней этого сорта на 24,8 %.

Увеличение посадочной фракции клубней картофеля до  $\geq 60$  мм обеспечило одинаковую эффективность для растений сортов Щедрик и Киммерия, прирост урожайности клубней от данного агротехнического мероприятия составлял 5,0 и 5,2 т/га соответственно.

Надрезы для стимулирования клубней были более эффективны для растений сорта Киммерия и обеспечили прирост урожайности на 7,1 %, тогда как для сорта Щедрик прирост урожайности клубней был на уровне 4,0 %.

Доля влияния агротехнических факторов на урожайность клубней картофеля сортов Киммерия и Щедрик в исследованиях была следующей: удобрения – 64,7 и 70,9 %, площадь питания растений – 10,6 и 15,6, величина посадочной фракции клубней – 8,7 и 18,1, надрезы клубней для стимулирования – 4,8 и 6,6 % соответственно.



### Список литературы

1. Владимиров, М. В. Урожай и качество картофеля в зависимости от густоты посадки и удобрений / М. В. Владимиров // Труды НИИКХ. – 1971. – Вып. VIII. – С. 168–174.
2. Деева, В. П. Роль регуляторов роста в повышении адаптивных свойств отдельных генотипов к стрессовым факторам / В. П. Деева, Н. В. Санько // Физиология растений и экология на рубеже веков: материалы Всерос. науч.-практ. конф., Ярославль, 26–28 мая 2003 г. – Великий Новгород, 2003. – С. 197.
3. Дмитриева, З. А. Густота стояния растений в зависимости от возделывания сорта картофеля / З. А. Дмитриева; под ред. Н. А. Дорожкина. – Минск: Ураджай, 1972. – С. 203–205.
4. Пигорев, И. Я. Продуктивность картофеля и внекорневые подкормки / И. Я. Пигорев, Э. В. Засорина, А. А. Кизилев // Агроном. – 2007. – Вып. 2. – С. 156–158.
5. Гончаренко, О. П. Продуктивні та насінні якості картоплі сорту Гарт і Зов залежно від маси садивних бульб та густоти стеблостою / О. П. Гончаренко, Г. Т. Нечипоренко, О. П. Мартищенко // Картоплярство. – Вип. 23. – Київ: «Урожай», 1992. – С. 37–40.
6. Баранчук, Ю. В. Вплив маси садивних бульб, площ та рівнів живлення на ріст і розвиток картоплі / Ю. В. Баранчук, М. Я. Молоцький // Картоплярство. – Київ: Нора Принт, 2000. – Вип. 30. – С. 94–102.
7. Montigny, C. Adaption de le Pomme de terre aux besoins des industries alimentaires / C. Montigny // Pomme de terre frans. – 1983. – № 14. – P. 45.
8. Лубенцов, В. М. Эффективность применения удобрений и густоты посадки при выращивании раннего картофеля / В. М. Лубенцов // Труды НИИКХ. – 1972. – Вып. XIII. – С. 58–60.
9. Агротехника высоких урожаев картофеля / Б. А. Писарев [и др.]. – М.: Колос, 1969. – 197 с.
10. Писарев, Б. А. Производство раннего картофеля / Б. А. Писарев. – М.: Россельхозиздат, 1986. – С. 15–36.
11. Дмитриева, З. А. Влияние удобрений и норм посадки на урожай клубней и их качество при программировании урожаев картофеля / З. А. Дмитриева, В. А. Зеленский // Науч. тр. Бел.НИИКПО. – Минск, 1979. – Вып. 4. – С. 88–94.
12. Ничипорович, А. А. Фотосинтез и пути повышения продуктивности растений / А. А. Ничипорович // Программирование урожаев сельскохозяйственных культур. – Кишинев: МСХ, 1976. – С. 9–15.
13. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – М.: Колос, 1979. – 416 с.
14. Каталог сортів картоплі / Інститут картоплярства НААН. – Немішаєве, 2008. – 117 с.

Поступила в редакцию 21.11.2017 г.

YU. R. ILCHUK, R. V. ILCHUK, O. I. RUDNIK-IVASCHENKO

**CULTIVATION TECHNOLOGY OPTIMIZATION OF EARLY RIPE  
POTATOES VARIETIES IN THE CONDITIONS OF THE WESTERN  
FOREST-STEPPE OF UKRAINE**

**SUMMARY**

*On basis of conducted investigations the results of complex use of separate technology growing elements on yield of early-ripening potatoes varieties breeding of the Institute of Potato Growing of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine in soil-climatic conditions of Western Forest-Steppe of Ukraine are given.*

*Key words:* potatoes, variety, setting fraction, area and level nourishment, stimulating cuts, outroot feeding, yield.

УДК: 635.21:[631.51+631.559] (476)

**Д. С. Гастило, С. А. Турко**

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

аг. Самохваловичи, Минский район

E-mail: technology@belbulba.by; gastilo1990@mail.ru

## **ВЛИЯНИЕ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ И АГРОФИЗИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ КАРТОФЕЛЯ**

### **РЕЗЮМЕ**

В статье представлены результаты исследований влияния применения для предпосадочной обработки почвы почвоуглубления сельскохозяйственной машиной АКР-3 и машин для ухода за посадками картофеля на агрофизические показатели почвы (влажность, плотность, твердость) и урожайность при выращивании картофеля с междурядием 70 см и 90 см.

*Ключевые слова:* картофель, сорт, почвоуглубление, влажность, плотность, твердость, урожайность, Беларусь.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Приемы обработки почвы под картофель должны создавать рыхлый, аэрируемый, достаточно увлажненный пахотный горизонт. Поскольку и влага, и воздух очень важны для картофеля и содержатся в почвенных порах, то приемами агротехники необходимо приблизить их к оптимуму. На разных по механическому составу почвах это будут различные приемы, так как на супесчаных почвах наблюдается дефицит влаги, а на суглинистых – дефицит воздуха. Если на супесчаных почвах основная цель обработки почвы – сохранение влаги и борьба с сорняками, то на суглинистых – рыхление [1].

Значение агрофизических факторов в создании хорошего урожая любой культуры велико, особенно от плотности (объемного веса) почвы. Картофель давно считают культурой рыхлых почв. Установление оптимальной плотности для картофеля необходимо, так как слишком уплотненная почва препятствует распространению корней по почвенному профилю, в нее слабо проникает атмосферный воздух, в результате чего процессы жизнедеятельности микрофлоры замедляются. По данным Б. Н. Мичурина [2] и И. Б. Ревута [3], от плотности дерново-подзолистых почв во многом зависит доступность растениям влаги, так как на уплотненных почвах вода переходит в малодоступную для растений форму [4].

По свидетельству М. А. Павловского и Б. Н. Макарова [5], влажность почвы в вариантах с глубокими обработками во все сроки определения в

период вегетации была на 1,5–4,0 % выше, чем в контрольном варианте с мелкой обработкой.

В опытах К. Rauhe [17], проведенных в Германии, наблюдалось повышение полевой влагоемкости слоя почвы 0–80 см при глубокой обработке на 9–14 %, а в опытах D. Ermich [18] при глубокой обработке тяжелых почв количество доступной влаги на глубине 20–30 и 30–40 см было на 10 %, а на глубине 40–50 см – на 16 % выше, чем при обычной вспашке. При подпахотном рыхлении количество доступной влаги соответственно увеличивалось на 17, 20, и 27 %.

Подпахотное рыхление заметно повышает влажность разрыхленного подзолистого горизонта [6, 7].

По мнению W. I. Floker и др. [19], увеличение числа междурядных обработок свыше 3-х влияет отрицательно на урожай, так как последние обработки обычно проводят перед смыканием ботвы, когда корневая система картофеля бывает наиболее развита, а в начале цветения картофеля корневая система в верхнем слое междурядий почти полностью смыкается. При проведении же 4-й междурядной обработки сильно повреждаются столоны рабочими органами культиватора.

На дерново-подзолистых средне- и тяжелосуглинистых почвах оптимальная плотность почвы для картофеля 1,0–1,2 г/см<sup>3</sup>, а на дерново-подзолистых супесчаных почвах равна 1,4–1,5 г/см<sup>3</sup>. При уплотнении почвы сверх этих показателей урожайность картофеля резко снижается [8].

Уплотнение почвы свыше оптимальных значений приводит к снижению урожая на 40–50 %. При этом ни повышенные дозы удобрений, ни улучшенные условия водоснабжения не могут снять отрицательного влияния плотности почвы на урожай картофеля. В опытах Б. А. Писарева однократный проход колес трактора по рядку с картофелем на 30 % снижал его урожайность. При существующей технологии возделывания картофеля число проходов тракторов по полю составляет 12–14, а уплотнение колес тракторов «Беларус» с шириной колеи 30 см распространяется на 50 см. Исходя из этого, основное требование к механизации – сокращение числа проходов тракторов по картофельному полю, особенно вблизи от рядков с картофелем. Это можно решить совмещением технологических операций и увеличением ширины междурядий. В настоящее время широко применяется совмещение операций на уходе за посадками – одновременное окучивание и боронование, что дает увеличение урожая до 22 % в сравнении с проведением одного боронования. Однако существующие окучивающие корпуса недостаточно хорошо рыхлят почву, а при неправильном использовании даже уплотняют ее [9–11].

Исходя из вышеизложенного, применение различных сельскохозяйственных машин является основой для выращивания столового картофеля с получением высококачественного урожая, оптимизации водного и воздушного режимов и минерального питания в течение всей вегетации растений, подбора соответствующих приемов обработки почв и ухода за посадками. Для этого необходимо провести специальные исследования.

**МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА**

Опыт проводили на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве технологического севооборота РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству» (аг. Самохваловичи, Минский район). Объектом исследований являлся способ предпосадочной обработки почвы под картофель.

Полевой двухфакторный опыт был заложен по следующей схеме:

**Фактор А – предпосадочная обработка почвы:**

1. Почвоуглубление – 30–35 см агрегатом АКР-3;
2. Без почвоуглубления – 20–22 см агрегатом ПЛН 3-35.

**Фактор В – ширина междурядий:**

1. 70 см;
2. 90 см.

**Фактор С – сорт:**

1. Манифест;
2. Волат;
3. Вектар.

Пахотный горизонт опытного участка, где проводили агротехнические опыты, характеризуется агрохимическими показателями, которые представлены в таблице 1.

Предшественник – озимый рапс на зерно. Органические удобрения в дозе 40 т/га и минеральные  $N_{90}P_{60}K_{150}$  вносили на всей площади опыта. Подготовку почвы осуществляли согласно схеме опыта. Она заключалась в закрытии почвенной влаги культиватором КПС-4, вспашке ПЛН-3-35, почвоуглублении АКР-3, предпосадочной культивации, нарезке гребней культиватором АК-2,8 с междурядьями 70 см и КГО-3,6 – 90 см. Посадку сортов картофеля выполняли в третьей декаде апреля сажалкой Л-202 на 70 см, а на 90 см – картофелесажалкой ЛУКО 242S (Финляндия). В период вегетации картофеля проводили две междурядные обработки по формированию гребней КОР-4 – 70 см, на 90 см – ОКГ-4.

После формирования гребней вносили гербицид Зенкор Ультра в дозе 0,9 л/га до всходов.

Площадь опытной делянки при выращивании продовольственного картофеля с междурядьем 70 см – 53,2 м<sup>2</sup>, 90 см – 68,4 м<sup>2</sup>, повторность – четырехкратная. Общая площадь под опытом 1,0 га.

Таблица 1 – Агрохимические показатели дерново-подзолистой средне-суглинистой почвы технологического севооборота РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству», 2016–2017 гг.

Показатели	Количественные показатели почвы
Гумус, %	2,0
pH <sub>кел</sub>	4,5
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг	352,1
K <sub>2</sub> O, мг/кг	107,6

#### РАЗДЕЛ 4. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА, ПЕРЕРАБОТКИ И ХРАНЕНИЯ КАРТОФЕЛЯ

В соответствии с методикой исследований по культуре картофеля в период вегетации проводили следующие учеты и наблюдения: фенологические – начало (10 %) и массовое (75 %) появление всходов, бутонизация и цветение [12].

Влажность, плотность, твердость почвы определяли от посадки до уборки по горизонтам: 0–10; 10–20; 20–30 см [13–15].

Твердость почвы определяли с помощью твердомера Ю. Ю. Ревякина.

Экспериментальный материал полевых опытов обработан методом дисперсионного анализа по Методике полевого опыта и программой STATISTICA 10 [16].

#### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В результате проведенных исследований в 2016–2017 гг. по проведению предпосадочной подготовки почвы (почвоуглубление АКР-3) для выращивания картофеля со схемой посадки картофеля с междурядьями 70+70 см и 90+90 см на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве агротехнического севооборота были получены следующие данные.

Проанализировав агрофизические показатели почвы в 2016–2017 гг., влажность почвы варьировала в зависимости от погодных условий и вариантов опыта. При применении агрегата АКР-3 отмечается увеличение влажности почвы по всем вариантам (табл. 2).

После посадки влажность почвы в вариантах с применением почвоуглубления АКР-3 по горизонтам 0–10 см, 10–20 см, 20–30 см находилась в пределах

Таблица 2 – Влияние предпосадочной подготовки почвы, ширины междурядий на влажность почвы (%) в период вегетации картофеля, 2016–2017 гг.

Горизонт почвы, см	Ширина междурядий			
	с почвоуглублением		без почвоуглубления	
	70 см	90 см	70 см	90 см
После посадки				
0–10	19,6	19,8	18,5	19,6
10–20	20,2	19,4	20,0	19,7
20–30	20,8	19,5	20,3	18,7
Всходы				
0–10	14,1	13,2	12,6	11,8
10–20	14,0	13,9	13,9	15,0
20–30	17,6	16,6	12,2	12,9
Начало бутонизации				
0–10	14,8	16,0	14,8	13,4
10–20	15,1	19,3	18,6	16,7
20–30	17,1	19,6	12,8	14,9
Перед уборкой				
0–10	18,3	16,3	16,7	17,0
10–20	17,9	17,6	15,0	14,9
20–30	18,2	18,2	14,2	14,2
НСР <sub>0,05</sub>	1,243			

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

ошибки опыта по сравнению с контрольным вариантом 70 см без почвоуглубления. В фазу всходов влажность почвы при применении почвоуглубления АКР-3 с междурядьями 70 см увеличилась по горизонтам 0–10 см (+1,5 %) и 20–30 см (+5,4 %), – 90 см (+4,4 %), по горизонту 10–20 см – 70 см и 0–10 и 10–20 см – 90 см влажность почвы находилась в пределах ошибки опыта. В фазу бутонизации влажность почвы в вариантах с почвоуглублением АКР-3 по горизонтам 0–10 см, 10–20 см, 20–30 см составила: 14,8 %, 15,1 % (–3,5 %), 17,1 % (+4,3 %) – 70 см, 16,0 % (+1,2 %), 19,3 % (+0,7 %), 19,6 % (+6,8 %) – 90 см, а перед уборкой почва была более увлажнена в вариантах с применением почвоуглубления АКР-3 на 1,6–4,0 % по сравнению с контрольным вариантам (70+70 см обработка почвы без почвоуглубления).

Очень важным условием для роста и развития растений картофеля, получения высокого урожая товарных клубней, а также проведения качественной комбайновой уборки является плотность почвы. Плотность почвы в посадках картофеля зависит от марки используемых сельскохозяйственных машин при подготовке почвы и уходов за посадками картофеля, ее увлажнения. При применении почвоуглубления АКР-3 в сочетании с сельскохозяйственными машинами КОР-4 и ОКГ-4 для уходов за посадками отмечено снижение плотности почвы по сравнению с контрольным вариантом (70+70 см обработка почвы без почвоуглубления). При посадке с шириной междурядья 90 см отмечено снижение плотности почвы по сравнению с междурядьями 70 см (табл. 3).

Таблица 3 – Влияние предпосадочной подготовки почвы, ширины междурядий на плотность почвы (г/см<sup>3</sup>) в период вегетации картофеля, 2016–2017 гг.

Горизонт почвы, см	Ширина междурядий			
	с почвоуглублением		без почвоуглубления	
	70 см	90 см	70 см	90 см
После посадки				
0–10	0,89	0,88	0,96	0,94
10–20	1,02	1,01	1,04	1,05
20–30	1,08	1,07	1,12	1,12
Всходы				
0–10	0,97	0,97	1,03	1,00
10–20	1,07	1,09	1,09	1,07
20–30	1,11	1,09	1,19	1,15
Начало бутонизации				
0–10	0,98	0,97	1,05	1,01
10–20	1,07	1,07	1,10	1,09
20–30	1,12	1,10	1,17	1,17
Перед уборкой				
0–10	1,07	1,05	1,11	1,06
10–20	1,10	1,12	1,17	1,17
20–30	1,20	1,21	1,18	1,22
НСР <sub>0,05</sub>	0,055			

Почвоуглубление агрегатом АКР-3 оказало положительное влияние на плотность почвы в период вегетации картофеля. Было отмечено снижение плотности почвы в вариантах с применением почвоуглубления. Перед посадкой в зависимости от ширины междурядий по горизонтам 0–10 см – 0,89 г/см<sup>3</sup> (0,07 г/см<sup>3</sup>), с междурядием 70 см и 0–10 см – 0,88 г/см<sup>3</sup> (–0,08 г/см<sup>3</sup>), 20–30 см – 1,07 (0,05 г/см<sup>3</sup>) – 90 см, а по горизонтам 10–20 см и 20–30 см (70 см) и 10–20 см (90 см) плотность почвы была в пределах ошибки опыта. В фазу всходов снижение плотности почвы было по горизонтам 0–10 см (0,06 г/см<sup>3</sup>), 20–30 см (0,08 г/см<sup>3</sup>) – 70 см; 0–10 см (0,06 г/см<sup>3</sup>), 20–30 см (0,10 г/см<sup>3</sup>) – 90 см, по горизонтам 10–20 см (70 см), и 10–20 см (90 см) в пределах ошибки опыта, а в фазу начала бутонизации отмечено снижение данного показателя по горизонтам 0–10 см (0,07 г/см<sup>3</sup>), 20–30 см (0,05 г/см<sup>3</sup>) – 70 см; 0–10 см (0,08 г/см<sup>3</sup>), 20–30 см (0,07 г/см<sup>3</sup>); по горизонтам 10–20 см с междурядьями 70 см и 90 см плотность почвы была в пределах ошибки опыта. Перед уборкой снижение плотности почвы было выявлено по горизонтам почвы 0–10 см, 10–20 см в вариантах с применением почвоуглубления АКР-3, а по горизонту 20–30 см отмечено увеличение данного показателя, которое находилось в пределах ошибки опыта по сравнению с контрольным вариантом (70+70 см обработка почвы без почвоуглубления).

Твердость почвы увеличивалась как по горизонтам, так и по фазам роста и развития растений картофеля. Было отмечено снижение твердости почвы при применении почвоуглубителя АКР-3 на протяжении всего вегетационного периода по сравнению с контрольным вариантом (70+70 см обработка почвы без почвоуглубления) (табл. 4).

Проанализировав данные, полученные при использовании твердомера по горизонтам почвы 0–10 см, 10–20 см, 20–30 см, было отмечено, что перед посадкой твердость почвы в вариантах с почвоуглублением по горизонтам почвы составила: 0–10 см – 6,0 кгс/см<sup>2</sup> (–2,5 кгс/см<sup>2</sup>), 10–20 см – 10,8 кгс/см<sup>2</sup> (–6 кгс/см<sup>2</sup>), 20–30 см – 19,5 кгс/см<sup>2</sup> (–2,8 кгс/см<sup>2</sup>) – 70 см; 0–10 см – 6,3 кгс/см<sup>2</sup> (–2,2 кгс/см<sup>2</sup>), 10–20 см – 11,0 кгс/см<sup>2</sup> (–5,8 кгс/см<sup>2</sup>), 20–30 см – 18,8 кгс/см<sup>2</sup> (–3,5 кгс/см<sup>2</sup>). В фазу всходов отмечено снижение твердости почвы от 2,0 до 6,8 кгс/см<sup>2</sup> – 70 см и 3,3–5,0 кгс/см<sup>2</sup> – 90 см; в фазу бутонизации – по горизонту почвы 20–30 см на 3,1 кгс/см<sup>2</sup>, 10–20 см (2,5 кгс/см<sup>2</sup>), а по горизонтам 0–10 см в пределах ошибки опыта – 70 см, по горизонту почвы 0–10 см (2,7 кгс/см<sup>2</sup>), 10–20 см (2,8 кгс/см<sup>2</sup>), 20–30 см (4,8 кгс/см<sup>2</sup>) – 90 см; перед уборкой снижение твердости почвы было отмечено по горизонтам почвы 0–10 см (2,0 кгс/см<sup>2</sup>) и 20–30 см (4,5 кгс/см<sup>2</sup>), а по горизонту почвы 10–20 см данный показатель находился в пределах ошибки опыта – 90 см. При посадке с шириной междурядий 70 см было отмечено снижение твердости почвы по горизонту 20–30 см (3,1 кгс/см<sup>2</sup>), по горизонтам почвы 0–10 см и 20–30 см данный показатель находился в пределах ошибки опыта по сравнению с контрольным вариантом (70+70 см обработка почвы без почвоуглубления).



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

Таблица 4 – Влияние способа обработки почвы на ее твердость (кгс/см<sup>2</sup>) в период вегетации картофеля, 2016–2017 гг.

Горизонт почвы, см	Ширина междурядий			
	с почвоуглублением		без почвоуглубления	
	70 см	90 см	70 см	90 см
После посадки				
0–10	6,0	6,3	8,5	8,3
10–20	10,8	11,0	16,8	16,2
20–30	19,5	18,8	22,3	23,8
Всходы				
0–10	7,3	6,0	9,3	9,8
10–20	13,5	12,0	16,8	17,5
20–30	19,5	21,3	26,3	25,8
Начало бутонизации				
0–10	8,5	7,3	10,0	9,8
10–20	13,5	13,2	16,0	14,8
20–30	19,8	18,5	23,3	23,3
Перед уборкой				
0–10	9,2	8,5	10,5	10,3
10–20	14,0	13,3	13,8	15,5
20–30	20,2	18,8	23,3	22,3
НСР <sub>0,05</sub>	1,68			

Агротехнические приемы выращивания сельскохозяйственных культур влияют на урожай возделываемых сортов картофеля и выход товарной продукции. На широкорядных посадках с применением почвоуглубления создаются более благоприятные условия для реализации потенциальной продуктивности сортов интенсивного типа, уменьшается плотность почвы в зоне клубнеобразования, повышается товарность клубней за счет снижения травмирования, создается более благоприятный водный, воздушный и пищевой режимы. Сорта картофеля Манифест, Волат, Вектар положительно отреагировали на увеличение ширины междурядий с 70 см до 90 см и применение почвоуглубления перед посадкой (табл. 5, рис. 1).

Проанализировав полученные результаты, было отмечено, что при посадке с шириной междурядий 90 см получена следующая прибавка урожая по сортам: Манифест – 6,7 т/га, Волат – 10,8, Вектар – 9,6 т/га, по сравнению с посадкой с междурядьями 70 см. Применение почвоуглубления положительно сказалось на урожайности сортов картофеля. Урожайность картофеля при применении почвоуглубления с посадкой с шириной междурядий 70 см по сортам Манифест, Волат, Вектар составила: 44,7 т/га (+6,0 т/га), 43,6 т/га (+15,2 т/га), 45,3 т/га (+16,0 т/га) соответственно; с шириной междурядий 90 см – 56,3 т/га (+17,6 т/га), 51,4 т/га (+23,0 т/га), 58,2 т/га (+28,9 т/га) соответственно. При посадке с шириной междурядий 90 см и проведении почвоуглубления была получена прибавка урожая – 11,6 т/га; 7,8; 12,9 т/га по сортам соответственно при сравнении с применением почвоуглубления и посадкой с шириной междурядий 70 см.

Таблица 5 – Влияние способа обработки почвы на структуру урожая сортов картофеля, 2016–2017 гг.

Ширина между-рядий, см	Структура урожая, %								
	сорт Манифест			сорт Волат			сорт Вектар		
	> 55 мм	28–55 мм	< 28 мм	> 55 мм	28–55 мм	< 28 мм	> 55 мм	28–55 мм	< 28 мм
Без почвоуглубления									
70	53,1	43,0	3,9	59,3	36,7	4,0	54,3	39,8	5,9
90	53,5	41,6	4,9	52,9	42,6	4,5	55,0	40,5	4,5
С почвоуглублением									
70	56,4	38,5	5,1	57,8	39,3	2,9	61,8	34,9	3,3
90	41,6	52,3	6,1	57,4	37,3	5,3	50,3	45,9	3,8

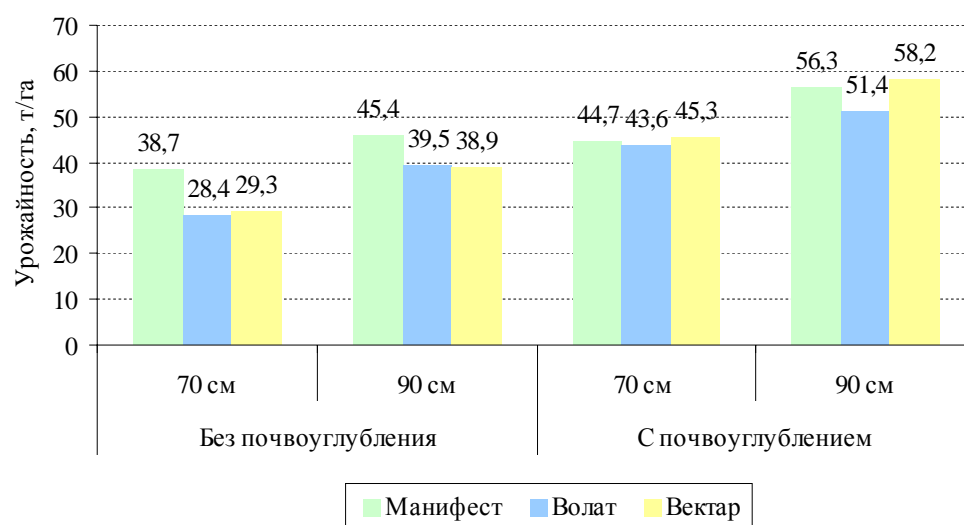


Рисунок 1 – Влияние способа предпосадочной обработки почвы на урожайность сортов картофеля, 2016–2017 гг.

Почвоуглубление оказало положительное влияние на структуру урожая исследуемых сортов картофеля. Было отмечено уменьшение доли мелкой фракции в урожае у сортов Волат – 2,9 % (–1,1 %) – 70 см и Вектар – 3,3 % (–2,6 %) – 70 см, 3,8 % (–0,7 %) – 90 см. У сорта Манифест отмечено увеличение доли мелкой фракции в структуре урожая как при посадке с шириной между-рядий 70 см (+1,2 %), так и 90 см (+1,2 %). Максимальный процент крупной фракции в урожае отмечен у сорта Вектар – 61,8 % (+7,5 %) и Манифест – 56,4 % (+3,3 %).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При применении агрегата АКР-3 отмечается увеличение влажности почвы, снижение плотности и твердости почвы по всем вариантам на протяжении всего вегетационного периода, что оказало положительное влияние на накопление урожая.

В целом за 2016–2017 гг. исследований при применении почвоуглубления и посадки картофеля с шириной междурядий 90 см общая урожайность по сортам составила: МанIFEST – 56,3 т/га, Волат – 51,4, Вектар – 58,2 т/га.

Прибавка урожая при применении почвоуглубления и внесении минеральных удобрений в дозах  $N_{90}P_{60}K_{150}$  на фоне 40 т/га органических удобрений с последующей посадкой с шириной междурядий 90 см по сортам составила: МанIFEST – 17,6 т/га, Волат – 23,0, Вектар – 28,9 т/га.

### Список литературы

1. Дмитриева, З. А. Как вырастить высококачественный столовый картофель / З. А. Дмитриева. – Минск: Ураджай, 1983. – 87 с.
2. Мичурин, Б. Н. Доступность влаги для растения в зависимости от структуры и плотности сложения почв и грунтов / Б. Н. Мичурин // Вопросы агрономической физики: сб. науч. работ. – Л., 1957. – № 2. – С. 5–8.
3. Ревут, И. Б. Физика почв и проблема их обработки / И. Б. Ревут // Вестн. с.-х. науки. – 1960. – № 7. – С. 30–41.
4. Ревут, И. Б. Физика в земледелии / И. Б. Ревут – М.: Физматгиз, 1960. – 400 с.
5. Павловский, М. А. Влияние углубления пахотного слоя на водно-физические свойства дерново-подзолистых почв / М. А. Павловский, Б. И. Макаров // Научные труды Почвенного ин-та им. В. В. Докучаева. – 1956. – Т. 49. – С. 73–85.
6. Балеv, П. М. К вопросу углубления пахотного слоя дерново-подзолистых почв / П. М. Балеv // Доклады Всесоюзной академии с.-х. наук им. Ленина. – 1952. – Вып. 7. – С. 9–14.
7. Панников, В. Д. Почва, климат, удобрение и урожай / В. Д. Панников, В. Г. Минеев. – М.: Колос, 1977. – 416 с.
8. Сискевич, А. Ф. Обработка почвы под картофель в условиях черноземной зоны / А. Ф. Сискевич // Науч. тр. НИИКХ. – 1968. – Вып. 5. – С. 126–130.
9. Писарев, Б. А. Научные основы агротехники культуры картофеля в нечерноземной зоне / под ред. Б. А. Писарева. – М., 1973. – 171 с.
10. Пупонин, А. И. Агротехнические приемы уменьшения переуплотнения почв / А. И. Пупонин, Н. С. Матюк // Труды ВАСХНИЛ. – М.: Агропромиздат, 1990. – С. 17.
11. Пупонин, А. И. Обработка почвы в интенсивном земледелии Нечерноземной зоны / А. И. Пупонин. – М.: Колос, 1984. – С. 183–184.
12. Вадюнина, А. Ф. Методы исследования физических свойств почв и грунтов / А. Ф. Вадюнина, З. А. Корчагина. – М.: Высшая школа, 1973. – Вып. 2. – 397 с.
13. Вадюнина, А. Ф. Методы исследования физических свойств почв / А. Ф. Вадюнина, З. А. Корчагина. – М.: Агропромиздат, 1986. – Вып. 3. – С. 88–105.
14. Емельянов, П. А. Теоретические и экспериментальные исследования дискового заделывающего органа лукопосадочной машины // П. А. Емельянов, А. В. Сибирёв, А. Г. Аксенов. – Пенза: РИО ПГСХА, 2015. – С. 78–83.

15. Петербургский, А. В. Практикум по агрономической химии / А. В. Петербургский. – М.: Колос, 1981. – 495 с.
16. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – М.: Колос. 1985. – 416 с.
17. Rauhe, K. Untersuchungen mit verschiedenen Pflugmethoden / K. Rauhe. – Crundforbottrig, 1962. – Т. 15. – № 4.
18. Ermich, D. Zur Verbesserung der Pflugarbeit auf schweren Bodem. Dt. Landwirtschaft / D. Ermich, 1962. – № 1.
19. Flocker, W. I. Effect of Soil Compaction on Tomato and Potato Yield / W. I. Flocker, H. Timm, Vomorn // Agronomy Journal. – 1960. – № 6. – P. 335–348.

Поступила в редакцию 21.11.2017 г.

D. S. GASTILO, S. A. TURKO

### **INFLUENCE OF SOIL PROCESSING AND AGROPHYSICAL INDICATORS ON POTATOES PRODUCTIVITY**

#### **SUMMARY**

*The application results for preplanting soil cultivation, pan busting agricultural machine AKR-3 and agricultural machines for the plantings care of potatoes to agrophysical soil indicators (humidity, density, hardness) and yield when growing potatoes with spacing 70 and 90 cm are presented in the article.*

*Key words:* potatoes, variety, pan busting, humidity, density, hardness, yield, Belarus.

**Д. Д. Фицуро, С. А. Турко, Д. С. Гасило, В. А. Сердюков,  
С. Н. Мартыненко**

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

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ВЫРАЩИВАНИЯ КАРТОФЕЛЯ НА ШИРОКОРЯДНЫХ ПОСАДКАХ 90 СМ**

### **РЕЗЮМЕ**

*Выращивание картофеля на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве с междурядьями 90 см (СК-4; АМПК-4-90; ОКГ-4; КГО-3,6), с густотой посадки 48–52 и 53–58 тыс. клубней/га, при внесении минеральных удобрений в дозах ( $N_{90}P_{60}K_{150}$  и  $N_{120}P_{90}K_{180}$ ) на фоне 40 т/га органических, обеспечивает получение урожайности по сортам: Уладар – 50,9–54,4 т/га и 53,2–58,1 т/га соответственно, Скарб – 48,5–51,9 и 50,4–53,0, Рагнеда – 47,7–50,9 и 51,3–53,6 т/га соответственно.*

*Ключевые слова:* картофель, технология, сорт, удобрения, густота посадки, Беларусь.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Технологические исследования на широкорядных посадках картофеля в Беларуси проводили Н. В. Кононученко (1968) [1], А. Б. Петько (1974, 1976) [2, 3], в России А. В. Чистеков (2001) [4], А. Г. Пономорёв (2005) [5] и установили следующее: повышение производительности машин, лучшие условия для выращивания клубней за счет увеличения площади листовой поверхности растений, уменьшение плотности почвы в зоне клубнеобразования, повышение продуваемости посадок сдерживает развитие фитофтороза. При анализе возделывания картофеля по технологии с междурядьями 70 и 75 см клубневое гнездо формируется у основания узкопрофильного гребня. Часть клубней залегает на 2–3 см ниже дна борозды, а верхние клубни куста иногда «выходят» на поверхность почвы гребня. Из-за низкого расположения клубневого гнезда картофеля лемеха картофелеуборочного комбайна вынужденно подрезают 5–6 сантиметровый слой уплотненной колесами тракторов почвы (возможно подрезание клубней), что затрудняет сепарацию почвы, ухудшает товарность продукции. При урожайности свыше 40 т/га до 30 % клубней выходят на поверхность гребня и зеленеют (накапливают соланин), что также снижает товарный урожай. Прошло достаточно много времени с тех пор, появились новые мощные тракторы и сельскохозяйственные машины, которые

не могут быть использованы на узкопрофильных посадках картофеля, созданы новые крупноклубневые сорта картофеля интенсивного типа и новые формы удобрений, что вызывает необходимость проведения исследований и внедрения технологии выращивания культуры на широкорядных посадках уже на современном уровне развития отрасли. Переход к технологии выращивания продовольственного картофеля с шириной междурядий 90 см возможен при использовании энергонасыщенных тракторов типа МТЗ 1221, класс 2 и выше.

Цель данных исследований – сравнить эффективность выращивания картофеля при схеме посадки на 70 и 90 см, применение сельскохозяйственных машин при различных схемах и густоте посадки клубней.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Опыт проводили на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве технологического севооборота РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству» (аг. Самохваловичи Минского района) в 2014–2016 гг.

Предшественник – озимый рапс на зерно. Пахотный горизонт опытного участка поля характеризуется следующими агрохимическими показателями: гумус – 1,9–2,1 %; pH (КСI) – 4,4–5,0, содержание подвижных форм фосфора и калия – 174–193 и 260–330 мг на 1 кг почвы соответственно, а также меди – 4,3–4,7 мг/кг, бора – 2,3–3,1, цинка – 1,4–4,2, марганца – 14,4–16,2, магния – 32,1–34,4 мг/кг. Органические удобрения в дозе 40 т/га и минеральные ( $N_{90}P_{60}K_{150}$  и  $N_{120}P_{90}K_{180}$ ) вносили согласно схеме опыта. Подготовка почвы к посадке заключалась в закрытии почвенной влаги культиватором КПС-4, чизелевании АЧУ-2,8 и предпосадочной культивации, нарезке гребней культиватором КРН-4,2 с междурядьями 70 см и ОКГ-4 с междурядьями 90 см. Посадку сортов картофеля проводили в третьей декаде апреля – первой декаде мая сажалками Л-202 (70 см) и СК-4 (90 см).

Площадь опытной делянки при выращивании продовольственного картофеля с междурядьем 70 см – 98 м<sup>2</sup> и 90 см – 126 м<sup>2</sup>, повторность – четырехкратная. Общая площадь под опытом составляла 1,5 га.

В период вегетации картофеля проводили две междурядные обработки по формированию гребней, вносили гербицид Зенкор Ультра (0,9 кг/га) до всходов, выполняли две подкормки микроэлементами (бор, медь, марганец) и защиту посадок от болезней и вредителей (4-е обработки против фитофтороза и 2-е – колорадского жука).

Дозы удобрений и применение микроэлементов для производства более 50 т/га товарного картофеля определяли по методике и рекомендациям В. В. Лапа, Е. М. Лимантова, Н. Н. Ивахненко (1997), Г. В. Пироговской, И. М. Богдевича, Д. Шпаара, А. Быкина, Д. Дрегеря, (1997, 1999, 2004) [8, 10, 11].

В годы исследований метеоусловия были различны по температуре и осадкам. Весна 2014 г. была ранней, но с перепадами температуры воздуха и увлажнения почвы: апрель был теплым и сухим – температурный режим

апреля по декадам на 2,3–4,7 °С выше нормы, а осадков за месяц выпало от 51,0 до 99,4 % от нормы. Погодные условия апреля (температура воздуха и почвы) явились благоприятным условием для подготовки почвы к посадке картофеля. Первая декада мая характеризовалась умеренно теплой (температура на +0,1 °С ниже нормы) и сухой погодой (осадки – 59,7 % от нормы), а во второй и третьей декадах потеплело (на +3,2–3,9 °С от нормы) и осадков выпало 200,0 и 98,7 % соответственно, что затрудняло проведение между-рядных обработок по формированию объемных гребней, но способствовало прорастанию и появлению дружных всходов картофеля. Начало июня было теплым (температура на +3,6 °С выше нормы) и сухим (осадки – 44,8 % от нормы), а вторая и третья декады месяца оказались холодными (всего 14,9–15,0 °С – это ниже на 2,0–2,2 °С среднегодовых показателей) и сухими (осадки на 16,7–26,0 % от нормы). Июль и август выдались жаркими, температура на 2,3–4,4 и 2,9–7,0 °С выше нормы соответственно (в среднем за месяц на 3,1 °С выше среднегодовых значений). Дожди в летние месяцы выпадали неравномерно: во второй декаде июля прошли обильные дожди – 38,4 мм (120,4 % от нормы), а в первой и третьей декадах выпало 16,3 и 1,3 мм, или 56,4 и 4,6 % от нормы соответственно. А в августе во второй и третьей декадах осадки составили 151,8 и 241,1 % от нормы соответственно. Сентябрь был теплым и сухим, что благоприятствовало уборке урожая: на +0,2–2,0 °С выше нормы, а дождей выпало 28,2 мм, или 48,6 % от нормы (только в третьей декаде прошли осадки чуть выше среднегодовых показателей, ГТК = 3,0).

Весна 2015 г. выдалась ранней, но с перепадами температуры воздуха и увлажнения почвы. Апрель был теплый и сухой – температурный режим был на 0,9–1,7 °С выше нормы, а осадков за месяц выпало от 111,3 до 114,6, % от нормы, погодные условия (температура воздуха и почвы) благоприятствовали подготовке почвы к посадке картофеля (начало посадки – 25.04.2015 г.). Первая декада мая характеризовалась теплой (+1,6 °С выше нормы) и дождливой погодой (188,4 % от нормы), а во второй декаде стало прохладнее (на +1,4 °С ниже нормы) и осадков выпало 31,9 %. В третьей декаде мая потеплело до +15,4 °С (на +1,2 °С выше нормы) и прошли дожди – 111,7 % от нормы, что способствовало появлению дружных всходов. В мае гидротермический коэффициент (далее – ГТК) составил 1,87 (отношение суммы осадков к сумме температур выше +10 °С). Начало июня было теплым (на +3,0 °С выше нормы) и сухим (не было дождей), а вторая и третья декады месяца также были теплыми (16,4–17,3 °С – это выше на 0,1–0,5 °С среднегодовых показателей) и неравномерными по увлажнению – на 5,3–87,9 % от нормы. За июнь ГТК составил всего 0,48. Июль и август выдались жаркими: температура воздуха составила на 0,4–3,9 и 3,1–5,4 °С выше нормы соответственно (в среднем за месяц на 4,4 °С выше среднегодовых значений). В июле прошли дожди – по декадам соответственно 22,7 мм, 28,1 и 25,0 мм (78,6, 88,1 и 89,3 % от нормы соответственно), что обеспечило формирование

урожая картофеля. А в августе установилась сухая и жаркая погода: максимальные показатели по температуре составили 26,0–30,5 °С, осадков выпало в первой декаде 3,3 мм – 11,8 % от нормы, во второй декаде дождей не было, а в третьей выпало всего 2,0 мм – 3,8 % от нормы. За август ГТК составил всего 0,08.

Апрель 2016 г. характеризовался преобладанием теплой погоды в первой и второй декадах месяца и пониженным температурным режимом в третьей декаде. Средняя за месяц температура воздуха составила 8,4 °С, что на 3,1 °С выше нормы, а осадков за месяц выпало от 71,3 % в третьей декаде до 138,9 % в первой декаде от нормы. Погодные условия апреля (температура воздуха и почвы) явились благоприятным условием для подготовки почвы к посадке картофеля (начало посадки – 18.04.2016 г.). В первой декаде мая стояла теплая погода (+4,3 °С выше нормы) с редкими осадками (42,5 % от нормы), а во второй декаде было умеренно тепло (на +1,0 °С выше нормы) и осадков выпало еще меньше – 37,7 % от среднееголетнего. В третьей декаде мая потеплело до +18,0 °С (на +3,8 °С выше нормы) и прошли дожди – 125,9 % от нормы, что способствовало появлению дружных всходов. В мае ГТК составил 0,94 (отношение суммы осадков к сумме температур выше +10 °С). Начало июня было теплым (на +0,7 °С выше нормы) и сухим (не было дождей), а вторая и третья декады месяца также были теплыми (17,0–22,1 °С – выше на 0,2–5,2 °С среднееголетних показателей) и неравномерными по увлажнению (во второй декаде – 166,4 %, в третьей – 1,8 % от нормы). За июнь ГТК составил всего 0,87. Июль и август были жаркими, температура на 1,4–3,4 и 3,4–4,1 °С выше нормы соответственно (в среднем за месяц на 2,4 °С и 3,8 °С выше среднееголетних значений). Дожди в летние месяцы выпадали неравномерно: во второй декаде июля прошли обильные дожди – 77,3 мм (242,3 % нормы), а в первой и третьей декадах – 39,9 и 31,1 мм, или 138,1 и 111,1 % от нормы соответственно. В августе обильные осадки были отмечены во второй декаде (28,0 мм, или 109,8 % от нормы), а в первой и третьей декадах осадки составили 5,3 мм, или 18,9 % и 6,1 мм, или 22,6 % от нормы соответственно. За август ГТК составил всего 0,67. Сентябрь выдался теплым и сухим, что благоприятствовало уборке урожая: на +1,8–3,0 °С выше нормы, а дождей выпало 2,9–17,7 мм, или 76,6–87 % от нормы (только в третьей декаде прошли осадки чуть выше среднееголетних показателей, ГТК = 0,75). В среднем за вегетационный период ГТК составлял 1,34, осадков выпало 361,4 мм, или 86,9 %, средняя температура воздуха составила 15,7 °С, или 2,4 °С выше нормы.

В соответствии с методикой исследований по культуре картофеля в период вегетации проводили следующие учеты и наблюдения: фенологические – начало (10 %) и массовое (75 %) появление всходов, бутонизация, цветение. Биометрические показатели (высота растений, число стеблей) определяли на 40 растениях по методике В. Росс и Ю. Росс [15]. Влажность, плотность и степень крошения почвы определяли после посадки, в период появления полных



всходов картофеля, в фазу бутонизации, цветения и перед уборкой по горизонтам: 0–10; 10–20; 20–30 см. Густоту посадки – по полным всходам и перед уборкой урожая. Учет урожая определяли путем взвешивания клубней, полученных с делянки при уборке, а структуру урожая – по вариантам с учетом массы каждой клубневой фракции в % [13, 14, 16].

В лаборатории биохимии и агрохимического анализа РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству» определяли биохимические показатели клубней: содержание сухого вещества – весовым методом, витамина С – по Мурри, белка, нитратов – потенциметрически с использованием ионоселективного электрода согласно практикуму по агрохимии [17]. Была проведена агрохимическая характеристика почвы: содержание подвижных форм фосфора и обменного калия устанавливали по Кирсанову, гидролитическую кислотность – по Каппену, рН – метрическим методом, гумус – по Тюрину [17].

Экспериментальный материал полевых опытов обработан методом дисперсионного анализа по Методике полевого опыта (Б. А. Доспехова, 1985) [20].

### **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ**

В результате проведенных исследований по выращиванию картофеля широкорядным способом, проведении междурядных обработок культиваторами АК-2,8 и КОР-4 с междурядьями посадки 70+70 см; ОКГ-4 и АМПК-4-90 (агрегат модульный почвообрабатывающий картофелепосадочный) со схемой посадки 90+90 см по формированию объемных гребней на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве агротехнического севооборота следует отметить: влажность почвы пахотного горизонта в слое 0–30 см перед посадкой картофеля составила 19,9–22,3 % на 70 см и 19,5–22,4 % на 90 см, в фазу всходов – от 16,9 до 21,4 % и 16,7–21,6 %, бутонизации – 12,1–14,9 % и 11,5–15,5 %, перед уборкой – 5,5–19,3 % и 5,9–19,5 % соответственно (рис. 1 и 2, табл. 1).

В 2016 г. полевые работы по подготовке почвы к посадке начали в первой декаде апреля (как только позволили погодные условия) и влажность почвы пахотного горизонта в слое 0–30 см перед посадкой картофеля составила 23,9–24,4 % на 70 см и 15,1–18,4 % на 90 см, в фазу всходов – 12,6–19,3 % и 13,6–17,0 %, бутонизации – 14,4–15,7 % и 9,9–14,6 %, перед уборкой – 13,6–15,2 % и 12,7–13,9 % соответственно.

Для роста и развития растений картофеля, получения высокого урожая товарных клубней, проведения качественной комбайновой уборки очень важным показателем является плотность почвы. На посадках картофеля она зависит от марки используемых сельскохозяйственных машин при подготовке почвы и уходах за посадками картофеля, ее увлажнения.

В 2014–2015 гг. перед посадкой плотность почвы в горизонте 0–30 см составила 1,15–1,24 г/см<sup>3</sup> на 70 см при уходах АК-2,8 и КОР-4 и 0,96–1,20 г/см<sup>3</sup> на 90 см при использовании ОКГ-4 и АМПК-4-90. В период всходов при использовании данных культиваторов почва также оставалась достаточно



Рисунок 1 – Формирование объемных гребней после посадки картофеля АМК-4-90 с междурядьями 90 см на поле агротехнического севооборота РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству», 2015 г.



Рисунок 2 – Формирование гребней после посадки картофеля КОР-4 с междурядьями 70 см на поле агротехнического севооборота РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству», 2016 г.

Таблица 1 – Влажность и плотность почвы на посадках картофеля в период вегетации в зависимости от применения сельскохозяйственных машин с шириной междурядий 70 и 90 см, 2014–2016 гг.

Гори- зонт почвы, см	Междурядья 70+70 см АК-2,8; КОР-4						Междурядья 90+90 см ОКГ-4; КГО-3,6; АМПК- 4-90																	
	перед посадкой		всходы		бутонизация		перед уборкой		перед посадкой		всходы		бутонизация		перед уборкой									
	2014	2015	2016	2014	2015	2016	2014	2015	2016	2014	2015	2016	2014	2015	2016	2014	2015	2016						
0–10	21,5	19,9	24,4	18,4	20,0	12,6	12,1	10,1	14,4	17,2	5,5	15,2	19,5	21,1	15,1	18,2	21,6	13,6	11,5	10,7	9,9	17,4	5,9	13,9
10–20	22,2	20,2	24,0	16,9	21,4	19,3	12,3	10,5	15,3	18,5	6,1	13,6	21,2	19,9	18,4	16,7	20,5	17,0	13,2	11,8	14,6	18,7	6,1	12,7
20–30	22,3	21,9	23,9	17,1	20,2	16,4	12,8	14,9	15,7	19,3	8,5	14,4	21,9	22,4	15,1	17,2	18,9	16,0	13,4	15,5	14,1	19,5	10,8	12,9
	Влажность почвы, %																							
	Плотность почвы, г/см <sup>3</sup>																							
0–10	1,15	1,14	1,02	1,13	1,18	0,95	1,10	1,07	1,00	1,21	1,29	1,11	1,12	1,12	0,95	1,12	1,07	0,93	1,10	1,20	1,02	1,19	1,15	1,08
10–20	1,18	1,19	1,11	1,09	1,08	1,07	0,97	1,02	1,09	1,13	1,35	1,13	1,19	0,96	1,07	1,08	1,02	1,07	1,02	1,06	1,07	1,05	1,04	1,12
20–30	1,22	1,24	1,07	1,18	1,07	1,13	0,98	1,10	1,15	1,04	1,39	0,92	1,20	1,18	1,00	1,15	0,93	1,11	0,98	1,10	1,13	1,09	1,20	1,03

рыхлая – 1,07–1,18 г/см<sup>3</sup> и 0,93–1,15 г/см<sup>3</sup>, в фазу бутонизации – 0,97–1,10 г/см<sup>3</sup> и 0,98–1,10 г/см<sup>3</sup> соответственно, а перед уборкой почва уплотнилась, особенно в междурядьях на 70 см – 1,04–1,39 г/см<sup>3</sup>, а на 90 см – 1,05–1,20 г/см<sup>3</sup> достаточно рыхлая (см. табл. 1).

В 2016 г. перед посадкой плотность почвы в горизонте 0–30 см составила 1,02–1,11 г/см<sup>3</sup> на 70 см при уходах АК-2,8 и КОР-4 и 0,95–1,07 г/см<sup>3</sup> на 90 см при использовании ОКГ-4 и КГО-3,6. В период всходов при использовании данных культиваторов почва также оставалась достаточно рыхлая – 0,95–1,13 г/см<sup>3</sup> и 0,93–1,11 г/см<sup>3</sup>, в фазу бутонизации – 1,09–1,15 г/см<sup>3</sup> и 1,02–1,13 г/см<sup>3</sup> соответственно, а перед уборкой почва уплотнилась, особенно в междурядьях на 70 см – 0,92–1,13 г/см<sup>3</sup>, а на 90 см – 1,03–1,12 г/см<sup>3</sup> достаточно рыхлая (см. табл. 1).

Количество крупноглыбистых структурных агрегатов (более 10 мм) в почвенном горизонте 0–30 см при использовании комбинированного фрезерного культиватора АМПК-4-90 снижается в сравнении с АК-2,8 и составило 14,1–16,5 % (–11,8–12,2 % против 26,3–29,1 %) (табл. 2). Количество почвенных агрегатов с размером частиц 10–0,25 мм перед посадкой при формировании объемного гребня при использовании культиваторов АК-2,8 и КОР-4 составило 67,0–78,5 %, а агрегатов ОКГ-4, КГО-3,6 и АМПК-4-90 – 80,2–85,9 % (+7,4–12,2 %).

Таким образом, использование культиватора орудия с пассивными рабочими органами ОКГ-4, КГО-3,6 и фрезы АМПК-4-90 при выращивании картофеля с междурядьями 90 см (формирование трапециевидных гребней, 1–2 ухода в период вегетации) обеспечивает оптимальные агрофизические показатели почвы (влажность почвы – 15,5–22,4 %, плотность – 0,93–1,20 г/см<sup>3</sup>, почвенных агрегатов с размером частиц 10–0,25 мм – более 80 %).

Рассматривая биометрические показатели растений картофеля (высота кустов, количество стеблей на одно растение), следует отметить лучший рост и развитие картофеля в варианте с междурядьями 90 см, где создаются благоприятные условия для вегетации культуры. Высота растений картофеля по сортам с междурядьями 90 см составила: Уладар – 53,4–61,7 см (70 см – 51,7–58,7 см), Скарб – 48,8–49,8 см (70 см – 45,7–49,2 см), Рагнеда – 51,6–57,8 см (70 см – 44,9–47,9 см) (табл. 3).

Дозы минеральных удобрений на фоне 40 т/га органических удобрений оказали существенное влияние на высоту растений и габитус куста, но не на количество стеблей. Применение некорневых подкормок и минеральных удобрений обеспечивает лучший рост растений картофеля у всех сортов картофеля от 2–4 до 5–10 см.

Количество стеблей на одно растение является сортовым признаком, и изменение данного показателя в зависимости от ширины междурядий и уровня питания отмечено в определенных пределах: сорт Уладар – 3,0–3,8 стеблей/куст, Скарб – 3,3–4,1 и Рагнеда – 3,5–4,0 стеблей/куст.

В результате исследований по выращиванию картофеля с междурядьями 90 см следует отметить высокую общую и товарную урожайность клубней

Таблица 2 – Структурный гранулометрический состав почвы в гребнях при обработке почвы сельскохозяйственными машинами в период вегетации картофеля с шириной междурядий 70 и 90 см, 2014–2016 гг.

Вариант опыта	Высота гребня, см		Почвенные фракции, мм (%)												Сумма фракций 10–0,25						
			более 10			10–7			7–3			3–0,25					менее 0,25				
	2014	2015	2016	2014	2015	2016	2014	2015	2016	2014	2015	2016	2014	2015	2016	2014	2015	2016			
АК-2,8, КОР-4 с междурядьями 70 см	15–18	17–22	18–26	26,3	28,3	29,1	11,0	13,0	14,2	26,0	22,2	16,5	33,8	31,8	15,2	2,9	4,7	3,5	73,7	67,0	78,5
ОКГ-4, КТО-3,6, АМПК-4-90 с междурядьями 90 см	20–24	21–25	20–27	14,1	16,5	25,5	15,0	17,5	21,7	31,0	28,4	20,3	36,7	12,9	17,9	3,2	3,3	3,7	85,9	80,2	84,1

Таблица 3 – Влияние ширины междурядий и уровня питания (удобрения, некорневые подкормки) на высоту растений и количество стеблей картофеля, 2014–2016 гг.

Вариант опыта	Междурядья 70+70 см			Междурядья 90+90 см		
	густота посадки, тыс. шт/га	высота растений, см	количество стеблей на 1 растение, шт.	густота посадки, тыс. шт/га	высота растений, см	количество стеблей на 1 растение, шт.
Контроль – без удобрений	48–52	50	3,8	49,8	47	3,2
	53–58	55	3,5	53,5	55	3,5
	48–52	43	3,2	52,1	45	3,8
	53–58	50	3,3	50,9	57	3,6
Фон – 40 т/га органических удобрений	48–52	44	3,5	55,9	48	3,3
	53–58	54	3,7	51,7	53	3,4
Фон + N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>150</sub> + НП*	48–52	50	3,8	58,7	52	3,8
	53–58	59	3,0	58,6	60	3,7
	48–52	50	3,8	58,7	52	3,8
Фон + N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub> + НП	48–52	50	3,8	58,7	52	3,8
	53–58	59	3,0	58,6	60	3,7

Сорт Уладар

Окончание таблицы 3

Вариант ольга	Междурядья 70+70 см			Междурядья 90+90 см				
	густота посадки, тыс. шт/га		высота растений, см	густота посадки, тыс. шт/га		высота растений, см		
	расчетная	фактическая		расчетная	фактическая			
Сорт Скарб								
Контроль – без удобрений	48-52	44	4,1	39,3	48-52	47	3,4	45,9
Фон – 40 т/га органических удобрений	53-58	56	3,7	42,7	52-58	56	3,8	44,9
Фон + N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>150</sub> + НП	48-52	45	3,9	45,2	48-52	47	3,6	46,2
Фон + N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>150</sub> + НП	53-58	59	4,0	46,4	52-58	51	3,6	50,5
Фон + N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub> + НП	48-52	42	3,3	47,5	48-52	50	4,0	49,7
Фон + N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub> + НП	53-58	52	3,6	45,7	52-58	53	4,1	48,8
Фон + N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub> + НП	48-52	45	4,1	49,0	48-52	49	4,2	48,7
Фон + N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub> + НП	53-58	55	3,4	49,2	52-58	62	3,7	49,8
Сорт Рагнеда								
Контроль – без удобрений	48-52	48	3,7	44,1	48-52	49	3,6	52,9
Фон – 40 т/га органических удобрений	53-58	53	3,9	48,5	52-58	50	3,7	57,9
Фон + N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>150</sub> + НП	48-52	54	3,6	54,2	48-52	54	3,5	52,6
Фон + N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>150</sub> + НП	53-58	58	3,5	53,1	52-58	54	3,9	55,2
Фон + N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub> + НП	48-52	51	3,7	47,9	48-52	52	3,8	55,4
Фон + N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub> + НП	53-58	54	4,0	44,9	52-58	57	3,6	51,6
Фон + N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub> + НП	48-52	52	3,7	51,2	48-52	53	3,9	53,2
Фон + N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub> + НП	53-58	57	3,8	47,7	52-58	53	4,0	57,8

\*НП – некорневые подкормки микроэлементами В, Сд, Мп (бор 40 г/га, медь 50 г/га, марганец 50 г/га д. в.) в баковой смеси с фунгицидами против фитофтороза в фазу начало бутонизации 2-кратно.

у сортов, включенных в схему полевого опыта (табл. 4). При внесении минеральных удобрений в дозах  $N_{90}P_{60}K_{150}$  и  $N_{120}P_{90}K_{180}$  на фоне 40 т/га органических общая урожайность у сортов картофеля составила: Уладар – 50,9–54,4 т/га при густоте посадки 48–52 тыс. клубней/га и 53,2–58,1 т/га при густоте 53–58 тыс. клубней/га, Скарб – 48,5–51,9 и 50,4–53,0 т/га, Рагнеда – 47,7–50,9 и 51,3–53,6 т/га соответственно. Прибавка урожая от удобрений и некорневых подкормок в период вегетации также достаточно высокая и составила от 13,0 до 24,4 т/га, а окупаемость 1 кг д. в. NPK + НП – 41,5–65,0 кг клубней.

В вариантах опыта с междурядьями 70 см и с внесением минеральных удобрений в дозах  $N_{90}P_{60}K_{150}$  и  $N_{120}P_{90}K_{180}$  на фоне 40 т/га органических общая урожайность также была установлена высокой у исследуемых сортов картофеля: Уладар – 47,8–52,1 т/га при густоте посадки 48–52 тыс. клубней/га и 51,5–54,9 т/га – при густоте 53–58 тыс. клубней/га, Скарб – 45,5–49,5 и 48,1–51,7 т/га, Рагнеда – 46,3–49,1 и 48,6–51,7 т/га соответственно.

Исследованиями установлена высокая товарность урожая клубней. При выращивании с междурядьями 90 см: Уладар – 95,2–97,8 %, Скарб – 94,6–94,4, Рагнеда – 89,6–95,2 %; с междурядьями 70 см: Уладар – 95,1–97,1 %, Скарб – 94,1–96,5, Рагнеда – 91,5–94,6 % (табл. 5). Товарная урожайность возрастает при внесении минеральных удобрений в дозах  $N_{90}P_{60}K_{120}$  и  $N_{120}P_{90}K_{180}$  в сочетании с некорневыми подкормками микроэлементами (бор 40 г/га, медь 50 г/га, марганец 50 г/га д. в.) в баковой смеси с фунгицидами против фитофтороза в фазу начало бутонизации 2-кратно на фоне 40 т/га органических удобрений в зависимости от ширины междурядий. При междурядьях 90 см товарная урожайность составила: Уладар – 49,8–52,8 т/га при густоте посадки 48–52 тыс. клубней/га и 51,7–56,3 т/га при густоте посадки 53–58 тыс. клубней/га, Скарб – 46,7–50,0 и 48,0–51,0 т/га, Рагнеда – 44,8–48,5 и 47,6–50,9 т/га соответственно, а при выращивании с междурядьями 70 см: Уладар – 46,4–50,5 и 49,5–53,1 т/га, Скарб – 43,8–47,6 и 46,4–49,4 т/га, Рагнеда – 43,3–45,2 и 45,3–48,5 т/га соответственно. Крупная фракция клубней в структуре урожая при выращивании картофеля с междурядьями 90 см по сортам составила: Уладар – 58,4–65,6 %, Скарб – 46,5–53,9, Рагнеда – 48,4–56,0 %.

За 2014–2016 гг. общая урожайность картофеля с междурядьями 90 см по сортам составила: Уладар – 50,9–54,4 т/га при густоте посадки 48–52 тыс. клубней/га и 53,2–58,1 т/га при густоте посадки 53–58 тыс. клубней/га, Скарб – 48,5–51,9 и 50,4–53,0, Рагнеда – 47,7–50,9 и 51,3–53,6 т/га соответственно, а товарная урожайность: у сорта Уладар – 49,8–52,8 и 51,7–56,3 т/га, Скарб – 46,7–50,0 и 48,0–51,0, Рагнеда – 44,8–48,5 и 47,6–50,9 т/га соответственно.

Применение удобрений (минеральных и органических) с некорневыми подкормками обеспечили небольшое количество мелкой фракции клубней в структуре урожая по всем сортам при выращивании с междурядьями 90 см: Уладар – 2,4–4,2 %, Скарб 2,6–5,9, Рагнеда – 6,1–6,5 %; 70 см – Уладар – 2,9–3,5 %, Скарб – 3,0–4,4, Рагнеда – 7,7–9,9 %.



Таблица 4 – Влияние доз удобрений и их окупаемость при выращивании картофеля на ширококордных посадках, 2014–2016 гг.

Вариант опыта	Междурядья 70+70 см										Междурядья 90+90 см											
	48–52 тыс. клубней/га					53–58 тыс. клубней/га					48–52 тыс. клубней/га					53–58 тыс. клубней/га						
	урожай, т/га	окупаемость, кг/кт			урожай, т/га	прибавка урожайности			окупаемость, кг/кт	прибавка урожайности			урожай, т/га	окупаемость, кг/кт			прибавка урожайности	окупаемость, кг/кт				
общая		органических удобрений	НПК + НП	общая		органических удобрений	НПК + НП	общая		органических удобрений	НПК + НП	общая		органических удобрений	НПК + НП	общая		органических удобрений	НПК + НП			
Сорт Уладар																						
Контроль – без удобрений	27,8	–	–	–	25,8	–	–	–	–	26,3	–	–	–	–	28,2	–	–	–	–	–		
Фон – 40 т/га органических удобрений	32,2	4,4	4,4	–	31,9	6,1	6,1	–	–	33,4	7,1	7,1	–	–	33,7	5,5	5,5	–	–	–	137,5	
Фон + N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>150</sub> + НП*	47,8	20,0	4,4	15,6	51,5	25,7	6,1	19,6	65,3	50,9	24,6	7,1	17,5	58,3	53,2	25,0	5,5	19,5	65,0	–	–	–
Фон + N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub> + НП	52,1	24,3	4,4	19,9	54,9	29,1	6,1	23,0	59,0	54,4	28,1	7,1	21,0	53,8	58,1	29,9	5,5	24,4	62,6	–	–	–
НСР <sub>0,5 т/га</sub>	4,1																					
Сорт Скарб																						
Контроль – без удобрений	26,0	–	–	–	24,5	–	–	–	–	27,0	–	–	–	–	25,9	–	–	–	–	–	–	–
Фон – 40 т/га органических удобрений	33,9	7,9	7,9	–	29,3	4,8	4,8	–	–	34,1	7,1	7,1	–	–	32,1	6,2	6,2	–	–	–	–	155,0
Фон + N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>150</sub> + НП*	47,8	20,0	4,4	15,6	51,5	25,7	6,1	19,6	65,3	50,9	24,6	7,1	17,5	58,3	53,2	25,0	5,5	19,5	65,0	–	–	–
Фон + N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub> + НП	52,1	24,3	4,4	19,9	54,9	29,1	6,1	23,0	59,0	54,4	28,1	7,1	21,0	53,8	58,1	29,9	5,5	24,4	62,6	–	–	–



РАЗДЕЛ 4. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА, ПЕРЕРАБОТКИ И ХРАНЕНИЯ КАРТОФЕЛЯ

Окончание таблицы 4

Вариант опыта	Междурядья 70+70 см						Междурядья 90+90 см														
	48-52 тыс. клубней/га			53-58 тыс. клубней/га			48-52 тыс. клубней/га			53-58 тыс. клубней/га											
	урожай, т/га	прибавка урожайности		урожай, т/га	прибавка урожайности		урожай, т/га	прибавка урожайности		урожай, т/га	прибавка урожайности										
общая		органических удобрений	НПК + НП		общая	органических удобрений		НПК + НП	общая		органических удобрений	НПК + НП	общая	органических удобрений	НПК + НП						
	Окупаемость, кг/кг д. в. НПК + НП			Окупаемость, кг/кг д. в. НПК + НП			Окупаемость, кг/кг д. в. НПК + НП			Окупаемость, кг/кг д. в. НПК + НП											
Фон + N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>150</sub> + НП	45,5	19,5	7,9	11,6	38,7	48,1	23,6	4,8	18,8	62,7	48,5	21,5	7,1	14,4	48,0	50,4	24,5	6,2	18,3	61,0	
Фон + N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub> + НП	49,5	23,5	7,9	15,6	40,0	51,7	27,2	4,8	22,4	57,4	51,9	24,9	7,1	17,8	45,6	53,0	27,1	6,2	20,9	53,6	
НСР <sub>0,5 т/га</sub>																					
3,9																					
Сорт Рагнеда																					
Контроль – без удобрений	25,4	-	-	-	-	25,0	-	-	-	-	28,7	-	-	-	-	27,1	-	-	-	-	-
Фон – 40 т/га органических удобрений	32,9	7,5	7,5	-	187,5	31,3	6,3	6,3	-	157,5	34,7	6,0	6,0	-	150,0	32,7	5,6	5,6	-	-	140,0
Фон + N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>150</sub> + НП	46,3	20,9	7,5	13,4	44,7	48,6	23,6	6,3	17,3	57,7	47,7	19,0	6,0	13,0	43,3	51,3	24,2	5,6	18,6	62,0	
Фон + N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub> + НП	49,1	23,7	7,5	16,2	41,5	51,7	26,7	6,3	20,4	52,3	50,9	22,2	6,0	16,2	41,5	53,6	26,5	5,6	20,9	53,6	
НСР <sub>0,5 т/га</sub>																					
3,7																					

\*НП – некорневые подкормки микроэлементами В, Сu, Мп (бор 40 г/га, медь 50 г/га, марганец 50 г/га д. в.) в баковой смеси с фунгицидами против фитофтороза в фазу начала бутонизации 2-кратно.

Таблица 5 – Влияние ширины междурядий и доз удобрений на урожайность картофеля и его структуру, 2014–2016 гг.

Вариант опыта	Междурядья 70+70 см												Междурядья 90+90 см											
	48–52 тыс. клубней/га						53–58 тыс. клубней/га						48–52 тыс. клубней/га						53–58 тыс. клубней/га					
	уро-жай, т/га	структура урожая, %			уро-жай, т/га	товарная урожай-ность %	товарная урожай-ность т/га	уро-жай, т/га	структура урожая, %			уро-жай, т/га	товарная урожай-ность %	товарная урожай-ность т/га	уро-жай, т/га	структура урожая, %			уро-жай, т/га	товарная урожай-ность %	товарная урожай-ность т/га			
		60 мм	40–60 мм	30 мм					60 мм	40–60 мм	30 мм					60 мм	40–60 мм	30 мм				60 мм	40–60 мм	30 мм
<b>Сорт Уладар</b>																								
Контроль – без удобрений	27,8	54,9	41,7	3,4	96,6	26,9	25,8	61,1	34,0	4,9	95,1	24,5	26,3	55,5	40,7	3,8	96,2	25,3	28,2	53,4	42,2	4,4	95,6	27,0
Фон – 40 т/га органических удобрений	32,2	57,9	39,2	2,9	97,1	31,3	31,9	62,8	33,0	4,2	95,8	30,6	33,4	52,7	43,3	4,0	96,0	32,1	33,7	53,5	41,7	4,8	95,2	32,1
Фон + N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>150</sub> + НП*	47,8	60,5	36,6	2,9	97,1	46,4	51,5	63,5	32,7	3,8	96,2	49,5	50,9	58,4	39,4	2,2	97,8	49,8	53,2	61,5	35,6	2,9	97,1	51,7
Фон + N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub> + НП	52,1	60,3	36,6	3,1	96,9	50,5	54,9	66,0	30,8	3,2	96,8	53,1	54,4	65,6	31,4	3,0	97,0	52,8	58,1	63,4	33,4	3,2	96,8	56,3
<b>НСР<sub>0,5</sub> т/га</b>																								
<b>Сорт Скарб</b>																								
Контроль – без удобрений	26,0	45,7	48,9	5,4	94,6	24,6	24,5	49,0	45,2	5,8	94,2	23,0	27,0	41,1	53,5	3,4	94,6	25,5	25,9	41,8	53,9	4,3	95,7	24,8
Фон – 40 т/га органических удобрений	33,9	49,1	46,4	4,5	95,5	32,4	29,3	50,2	43,9	5,9	94,1	27,6	34,1	37,9	57,0	5,1	94,9	32,4	32,1	42,6	52,6	4,8	95,2	30,6
Фон + N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>150</sub> + НП	45,5	53,9	42,4	3,7	96,3	43,8	48,1	58,2	38,3	3,5	96,5	46,4	48,5	46,5	49,7	3,8	96,2	46,7	50,4	53,0	42,2	4,8	95,2	48,0

РАЗДЕЛ 4. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА, ПЕРЕРАБОТКИ И ХРАНЕНИЯ КАРТОФЕЛЯ

Окончание таблицы 5

Вариант опыта	Междурядья 70+70 см						Междурядья 90+90 см																		
	48-52 тыс. клубней/га			53-58 тыс. клубней/га			48-52 тыс. клубней/га			53-58 тыс. клубней/га															
	уро-жай, т/га	структура урожая, %		уро-жай, т/га	товарная урожай-ность		уро-жай, т/га	структура урожая, %		уро-жай, т/га	товарная урожай-ность														
		60 мм	40-60 мм		30 мм	%		т/га	60 мм		40-60 мм	30 мм	%	т/га											
Фон + N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub> + НП	49,5	55,4	40,8	3,8	96,2	47,6	51,7	57,2	38,3	4,5	95,5	49,4	51,9	53,9	42,5	3,6	96,4	50,0	53,0	43,3	3,7	96,3	51,0		
НСР <sub>0,5 т/га</sub>																									
Сорт Рагнеда																									
Контроль – без удобрений	25,4	44,3	49,3	6,4	93,6	23,8	25,0	42,7	50,3	7,0	93,0	23,2	28,7	38,3	55,0	6,7	93,3	26,8	27,1	46,8	44,5	8,7	91,3	24,8	
Фон – 40 т/га органических удобрений	32,9	40,5	54,1	5,4	94,6	31,1	31,3	45,4	46,1	8,5	91,5	28,6	34,7	40,0	53,3	6,7	93,3	32,4	32,7	37,2	52,4	10,4	89,6	29,3	
Фон + N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>150</sub> + НП	46,3	55,0	38,6	6,4	93,6	43,3	48,6	61,8	31,4	6,8	93,2	45,3	47,7	48,6	46,4	6,0	94,0	44,8	51,3	53,6	39,3	7,1	92,9	47,6	
Фон + N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub> + НП	49,1	53,1	39,0	7,9	92,1	45,2	51,7	63,0	30,8	6,2	93,8	48,5	50,9	48,4	46,8	4,8	95,2	48,5	53,6	56,0	39,0	5,0	95,0	50,9	
НСР <sub>0,5 т/га</sub>																									

\*НП – некорневые подкормки микроэлементами В, Сu, Мп (бор 40 г/га, медь 50 г/га, марганец 50 г/га д. в.) в баковой смеси с фунгицидами против фитофтороза в фазу начало бутонизации 2-кратно.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

При выращивании картофеля по технологии с междурядьями 90 см на производственные цели в 2014–2016 гг. установлены некоторые результаты.

Применение культиваторов-окучников с пассивными рабочими органами ОКГ-4, КГО-3,6 и агрегата модульного почвообрабатывающего картофелепосадочного АМПК-4-90 в технологических приемах ухода за посадками в период вегетации картофеля с междурядьями 90 см обеспечивают оптимальные агрофизические показатели почвы для формирования высокого товарного урожая клубней (объемная масса дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы в гребнях в горизонте 0–30 см составила 0,93–1,20 г/см<sup>3</sup>, показатель гранулометрической фракции 10–0,25 мм почвы – 80,2–85,9 %, влажность почвы – 11,5–21,6 %).

Некорневые подкормки микроэлементами и минеральные удобрения обеспечивают лучший рост растений картофеля у исследуемых сортов (от 2–4 до 5–10 см в сравнении с вариантом без удобрений). Минеральные удобрения на фоне 40 т/га органических оказали существенное влияние на высоту растений и габитус куста, но не на количество стеблей.

На дерново-подзолистой среднесуглинистой почве в вариантах опыта с внесением минеральных (в дозах  $N_{90}P_{60}K_{120}$  и  $N_{120}P_{90}K_{180}$ ) и органических (40 т/га) удобрений, применением некорневых подкормок микроэлементов В, Си, Мп (бор 40 г/га, медь 50 г/га, марганец 50 г/га д. в.) в фазу начало бутонизации 2-кратно, проведение защиты посадок от вредителей и болезней обеспечивают урожайность у сортов картофеля при выращивании с междурядьями 90 см: Уладар – 50,9–54,4 т/га при густоте посадки 48–52 тыс. клубней/га и 53,2–58,1 т/га при густоте 53–58 тыс. клубней/га, Скарб – 48,5–51,9 и 50,4–53,0 т/га, Рагнеда – 47,7–50,9 и 51,3–53,6 т/га соответственно. Прибавка урожая от удобрений и некорневых подкормок в период вегетации также достаточно высокая и составила от 13,0 до 24,4 т/га, а окупаемость 1 кг д. в. НРК + НП – 41,5–65,0 кг клубней. Крупная фракция клубней в структуре урожая при выращивании картофеля с междурядьями 90 см по сортам составила: Уладар – 58,4–65,6 %, Скарб – 46,5–53,9, Рагнеда – 48,4–56,0 %.

**Список литературы**

1. Кононученко, Н. В. Возделывание картофеля широкорядным способом в условиях БССР: автореф. дис. ... канд. с-х. наук: 06.01.09 / Н. В. Кононученко; Белорус. науч.-исслед. ин-т земледелия. – Минск, 1968. – 20 с.
2. Петько, А. Б. Влияние способов посадки на урожай и условия механизации процессов выращивания и уборки картофеля / А. Б. Петько // Картофелеводство: межвед. тем. сб. – Минск, 1974. – Вып. 2. – С. 70–73.
3. Петько, А. Б. Урожай картофеля и условия его уборки при ленточном способе посадки на грядах / А. Б. Петько // Картофелеводство: межвед. тем. сб. – Минск, 1976. – Вып. 3. – С. 96–99.

4. Чистяков, А. В. Выявление рациональных технологических приемов ухода за посадками картофеля при различной ширине междурядий на дерново-подзолистой суглинистой почве: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.09 / А. В. Чистяков; Рос. акад. с.-х. наук Всерос. науч.-исслед. ин-т картофельного хоз-ва. – М., 2001. – 10 с.
5. Пономарев, А. Г. Обоснование и разработка широкорядной гребневой машинной технологии возделывания и уборки картофеля: автореф. дис. ... канд. тех. наук: 05.02.13 / А. Г. Пономарев; ГНУ ВИМ. – М., 2005. – 23 с.
6. Арискин, С. Картофельная геометрия. Комки почвы в гребнях. Причины и пути решения проблемы [Электронный ресурс] / С. Арискин // Картофельная система. – 2012. – № 1. – Режим доступа: <http://www.potatosystem.ru/kartofelnaya-geometriya-komki-pochvy-v-grebnyah-prichiny-i-puti-resheniya-problemy>. – Дата доступа: 05.02.2015.
7. Севернев, М. М. Энергосберегающие технологии в сельскохозяйственном производстве / М. М. Севернев. – Минск.: Ураджай, 1994. – 221 с.
8. Шпаар, Д. Картофель (возделывание, уборка, хранение) / Д. Шпаар, А. Быкин, Д. Дрегер; под ред. Д. Шпаара. – Торжок: ООО «Вариант», 2004 – 446 с.
9. Van Eijck. На пути к переработке / Van Eijck, С. М. Paul // Семинар по картофелю в БелНИИ картофелеводства, 12–13 марта, 1998 г. – С. 36–42.
10. Система удобрений сельскохозяйственных культур: рекомендации / В. В. Лапа [и др.]; БелНИИПА. – Минск, 1997. – 16 с.
11. Рекомендации по применению новых форм минеральных удобрений с добавками биологически активных веществ под основные сельскохозяйственные культуры / Г. В. Пироговская [и др.]; Акад. аграр. наук Респ. Беларусь, Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 1999. – 28 с.
12. Программирование норм посадки картофеля по оптимальному стеблестою // Методические рекомендации. – Киев, 1986. – 13 с.
13. Методика исследований по культуре картофеля / НИИ картофельного хозяйства; редкол.: Н. С. Бацанов [и др.] – М., 1967. – 265 с.
14. Методические рекомендации по специализированной оценке сортов картофеля / С. А. Банадысев [и др.]. – Минск, 2003. – 70 с.
15. Росс, В. Биометрические измерения в посевах сельскохозяйственных культур / В. Росс, Ю. Росс. – М.: ВАСХНИЛ, 1969. – 25 с.
16. Методика исследований по защите картофеля от болезней, вредителей, сорняков и иммунитету / ВНИИКХ; сост. А. С. Воловик [и др.]. – М., 1995. – 105 с.
17. Петербургский, А. В. Практикум по агрономической химии / А. В. Петербургский. – М.: Колос, 1981. – 495 с.
18. Методика определения агрономической и экономической эффективности удобрений и прогнозирования урожая сельскохозяйственных культур / И. М. Богдевич [и др.] – Минск, 1988. – 30 с.
19. Методика биоэнергетической оценки в картофелеводстве. – М., 2000 – 29 с.

20. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – М.: Колос, 1985. – 416 с.

Поступила в редакцию 17.11.2017 г.

D. D. FITSURO, S. A. TURKO, D. S. GASTILO, V. A. SERDYUKOV,  
S. N. MARTYNENKO

### **GROWING POTATOES RESULTS IN WIDE-ROW PLANTING 90 CM**

#### **SUMMARY**

*Potato cultivation on sod-podzolic medium loamy soil with wide-row planting of 90 cm (SC-4; AMPK-4-90; OKG-4; KGO-3,6), planting density 48–52, 53–58 thousand tubers/ha, with mineral fertilizers in doses ( $N_{90}P_{60}K_{150}$  and  $N_{120}P_{90}K_{180}$ ) on the background of 40 t/ha of organic ensures the yield of varieties: Uladar – 50.9–54.4 t/ha and 53.2–58.1 per t/ha, Skarb – 48,5–51.9 and 50.4–53.0; Rahnedo – 47.7–50.9 and 51.3–53.6 t/ha respectively.*

*Key words:* potatoes, technology, variety, fertilizers, plant density, Belarus.

## **РАЗДЕЛ 5**

### **СЕМЕНОВОДСТВО КАРТОФЕЛЯ**

УДК 635. 21.631.526.32:632.934.632.4

**Н. А. Анципович, В. И. Дударевич, В. Л. Маханько**

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

#### **ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ВЫРАЩИВАНИЯ И УСТОЙЧИВОСТИ СОРТОВ НА КАЧЕСТВО СЕМЕННОГО КАРТОФЕЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ГРУПП СПЕЛОСТИ**

##### **РЕЗЮМЕ**

*В статье представлены результаты изучения влияния гранулометрического состава почв, устойчивости сорта и репродукции высаженных семян на качество семенного картофеля. Выявлено, что в зависимости от условий выращивания более высокая урожайность сортов за период 2014–2016 гг. получена на среднесуглинистых почвах.*

*Анализ трехлетних данных показывает, что независимо от сорта и репродукции урожайность посадок картофеля зависит от гранулометрического состава почв и метеоусловий в год выращивания.*

*Ключевые слова:* сорт, устойчивость, репродукция, гранулометрический состав почвы, вирусная инфекция.

##### **ВВЕДЕНИЕ**

Потенциальная продуктивность картофеля при оптимальных условиях его возделывания достигает 60–80 т/га. Однако в республике ежегодно складывается ситуация, далекая от оптимума, представляющая последствия изменений климата, что создает благоприятные условия для развития фитопатогенных организмов и, как следствие, приводит к значительному снижению урожайности картофеля и качества семенного материала. В последние годы резко изменилась роль патогенов, особенно вирусной и бактериальной природы, и их соотношение в агроэкосистеме, возросла вредоносность многих хорошо известных заболеваний: фитофтороза, альтернариоза, всех видов парши, черной ножки. Их развитие приводит к снижению урожая до 20–25 т/га, к потере посевных и сортовых качеств семенного картофеля [1, 2].

Эффективность отрасли картофелеводства в значительной степени зависит от качества семенного картофеля, используемого для дальнейшего размножения. Получение качественного семенного материала остается актуальной задачей на всех этапах полевого репродуцирования [3].

Качество семеноводческой работы определяется длительностью размножения посадочного семенного материала и приемами, направленными на получение максимального коэффициента размножения в полевых условиях.

Научно обоснованное размещение картофеля в севообороте, подбор почв и строгое выполнение технологических мероприятий, предотвращающих повторное перезаражение в процессе полевого репродуцирования, сокращают до минимума развитие почвенной и клубневой инфекции [4].

Для получения качественного семенного картофеля отводятся средние по связности суглинки и хорошо окультуренные супесчаные почвы, подстилаемые моренным суглинком, способные достаточно хорошо удерживать влагу, имеющие меньшую амплитуду колебаний температуры в дневные и ночные часы. На тяжелых по гранулометрическому составу почвах корневая система растений картофеля развивается слабо, образуются мелкие деформированные столоны, не типичные для сорта. Затрудняется формирование правильной формы клубня. Клубни более подвержены поражению паршой обыкновенной, ризоктониозом, удушьем и т. д.

Слабоокультуренные песчаные почвы легко промываются, что приводит к выносу подвижных элементов питания в недоступные для растений подпочвенные горизонты. Водоудерживающая способность их крайне низкая, особенно в тех случаях, когда не вносят повышенных доз качественных органических удобрений. Недостаток влаги во время вегетации на легких супесчаных почвах приводит к формированию физиологически неоднородных клубней и резко снижает эффективность других семеноводческих мероприятий [5].

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Исследования проводились в 2014–2015 гг. на базе севооборота отдела семеноводства РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству» д. Озеро и РУП «Минская областная сельскохозяйственная опытная станция НАН Беларуси» (далее – Минская ОСХОС НАН Беларуси) Червенского района Минской области. Почва опытного участка в д. Озеро 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. Предшественник – озимый рапс.

Почва севооборота Минской ОСХОС НАН Беларуси дерново-подзолистая супесчаная, с содержанием гумуса – 2,0–2,2 %; рН – 5,4–5,9;  $P_2O_5$  – 24,5–29,5;  $K_2O$  – 19,0–23,0 мг/100 г почвы. Предшественник – озимые зерновые.

Норма внесения минеральных удобрений на супесчаной почве составляла  $N_{90}P_{100}K_{120-140}$  на суглинистой –  $N_{90}P_{80}K_{110}$ .

Объектом исследований служили посевные и сортовые качества клубней сортов картофеля Лилея, Уладар, Скарб, Живица, Веснянка и Атлант, репродукций питомника предварительного размножения (ППР), супер-суперэлита (ССЭ), суперэлита (СЭ), элита (Э) и 1-я репродукция (РС-1).



РАЗДЕЛ 5. СЕМЕНОВОДСТВО КАРТОФЕЛЯ

Материалом для проведения исследований являлись семенные клубни репродукции ППР, выращенные на супесчаной и среднесуглинистой дерново-подзолистой почвах в 2013 г. В 2014–2016 гг. они были использованы для получения последующих репродукций согласно схеме семеноводства Республики Беларусь (2014 г. – супер-суперэлита, 2015 – суперэлита, 2016 г. – элита). В контрольных вариантах семенной материал ежегодно обновлялся. Качество семенного картофеля, используемого для контроля, соответствовало нормативным требованиям для данной категории.

Наличие вирусных болезней определялось методом иммунно-ферментного анализа (ИФА).

Схема посадки 70×30 см. Повторность опытов четырехкратная, деланка двухрядковая по 30 клубней в рядке, площадь опытной деланки 12,6 м<sup>2</sup>, размещение рендомизированное. Площадь опыта на одном участке 0,2 га.

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В результате полевых наблюдений (табл. 1) в вариантах, соответствующих репродукции ППР (контроль), только в 2014 г. были отмечены больные растения у сорта Лилея – 0,4 и 1,9 % в зависимости от условий выращивания. Это были в основном единичные растения с симптомами поражения полосчатой и морщинистой мозаиками в легкой форме и крапчатостью.

Учет болезней по годам репродуцирования показал, что за три года исследований общее количество больных растений возросло в зависимости от сорта от 0,4 до 19,2 % (см. табл. 1).

Влияние условий выращивания отмечено в 2014–2016 гг. на сортах Скарб, Живица, Веснянка и Атлант, в зависимости от устойчивости сорта на протяжении всего периода исследований.

Зараженность растений картофеля вирусными болезнями в латентной форме в основном зависела от восприимчивости сорта и репродукции высаженных семян.

Таблица 1 – Количество растений, больных вирусными, грибными и бактериальными болезнями по визуальной оценке, 2014–2016 гг.

Сорт	Больные растения, %											
	Почва дерново-подзолистая супесчаная						Почва дерново-подзолистая среднесуглинистая					
	2014 г.		2015 г.		2016 г.		2014 г.		2015 г.		2016 г.	
	ППР	ССЭ	ППР	СЭ	ППР	Э	ППР	ССЭ	ППР	СЭ	ППР	Э
Уладар	0,0	27,1	0,0	23,2	0,0	19,1	0,0	17,5	0,0	17,5	0,0	18,3
Лилея	0,4	0,0	0,0	3,2	0,0	11,7	1,9	2,3	0,0	3,9	0,0	4,2
Скарб	0,0	1,7	0,0	1,8	0,0	1,7	0,0	0,0	0,0	3,5	0,0	5,0
Живица	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	3,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	19,2
Веснянка	0,0	26,7	0,0	0,5	0,0	19,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,2
Атлант	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0

РАЗДЕЛ 5. СЕМЕНОВОДСТВО КАРТОФЕЛЯ

Учеты накопления вирусной инфекции проводились методом ИФА с 2013 по 2016 г., полевое репродуцирование от ППР до элиты (рис. 1, 2). Изначально на первом этапе полевого репродуцирования в 2013 г. у сортов Лилея, Скарб и Атлант, выращенных на среднесуглинистых почвах, зараженности вирусами X, Y, S, M, L, A не обнаружено, на супесчаных – у сортов Уладар, Лилея, Скарб, Живица также инфицированных растений не отмечено. Количество больных растений сортов Уладар, Живица (среднесуглинистые почвы) и Атлант (супесчаные почвы) не превышало 1,5–2,5 %. Высокая зараженность

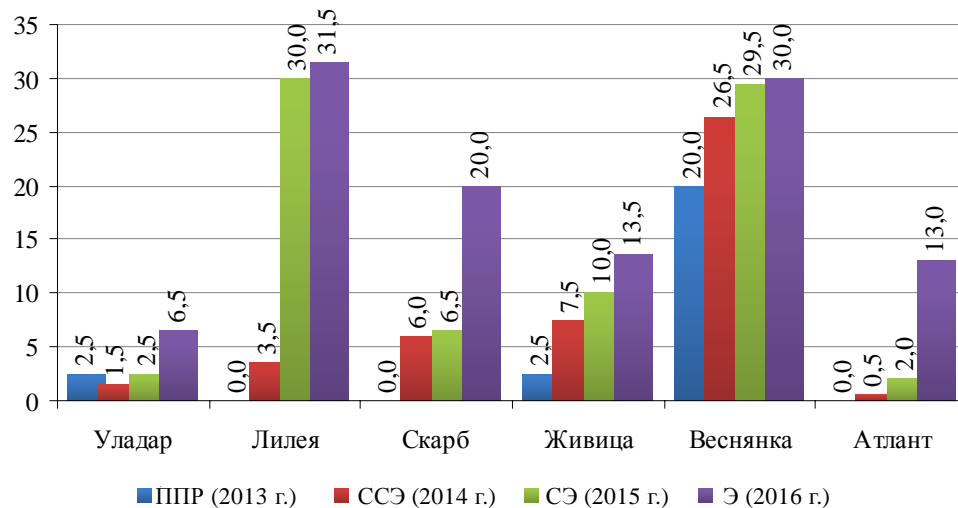


Рисунок 1 – Накопление вирусной инфекции в скрытой форме в зависимости от этапа размножения на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве, ИФА, 2013–2016 гг.

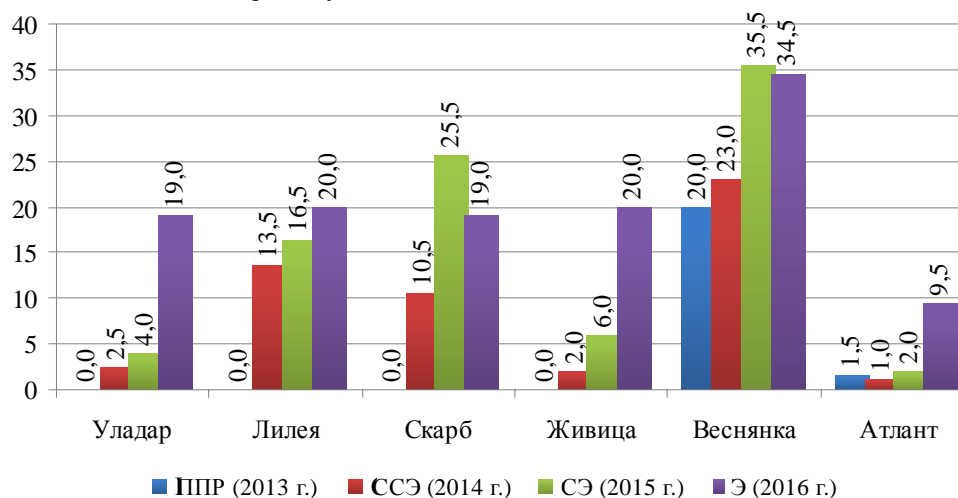


Рисунок 2 – Накопление вирусной инфекции в скрытой форме в зависимости от этапа размножения на дерново-подзолистой супесчаной почве, ИФА, 2013–2016 гг.

РАЗДЕЛ 5. СЕМЕНОВОДСТВО КАРТОФЕЛЯ

вирусами Х и М на супесчаной почве и вирусом М на суглинистой была отмечена у сорта Веснянка – 20 % ввиду низкой устойчивости растений сорта к вирусам. На 2-й и 3-й год полевого размножения количество больных растений, в зависимости от сорта и условий выращивания возрастало на 1,0–26,5 %.

Более высокий рост накопления вирусной инфекции отмечен у растений сортов Лилея, Скарб и Веснянка. На 4-й год полевого размножения количество пораженных вирусами растений составило 31,5, 20,0 и 30,0 % при выращивании на среднесуглинистых почвах и 20,0, 19,0 и 34,5 % соответственно на дерново-подзолистых супесчаных почвах.

При уборке определяли урожайность каждого варианта и структуру урожая. Достоверной зависимости величины урожая от репродукции семян, используемых для посадки, и комплексной устойчивости к вирусной инфекции в латентной форме не установлено. В значительной степени урожайность клубней зависела от погодных условий. В условиях 2014 г. влияние репродукции на урожайность было отмечено у сорта Веснянка на супесчаной почве и у сорта Уладар на среднесуглинистой и супесчаной почвах. Достоверная прибавка урожайности в этих вариантах составила 5,7–12,6 т/га. Увеличение данного показателя отмечено в 2015 г. у сортов Уладар и Атлант (супесчаная почва) и Лилея (супесчаная и среднесуглинистая почвы), а в 2016 г. – у сортов Лилея и Атлант (супесчаная и среднесуглинистая почвы).

Независимо от сорта и репродукции более значимое влияние на урожайность опытных вариантов оказал гранулометрический состав. Так, в 2014 г. достоверная прибавка урожая (3,5–8,6 т/га) получена у сортов Скарб, Живица и Веснянка на дерново-подзолистых супесчаных почвах. В 2015 и 2016 гг. на опытном участке севооборота № 1 д. Озеро (почва дерново-подзолистая среднесуглинистая) урожайность сортов Уладар, Лилея, Живица, Веснянка и Атлант (суперэлита, элита) превышала урожайность, полученную на супесчаных почвах, на 12,2–48,0 % (табл. 2).

Таблица 2 – Урожай картофеля в зависимости от условий выращивания, 2014–2016 гг.

Условия выращивания. Фактор С	Репродукция. Фактор А	Урожайность, т/га		
		2014 г.	2015 г.	2016 г.
Уладар				
Супесчаная почва	ППР-контроль	35,2	37,1	40,5
	Супер-суперэлита	33,2	–	–
	Суперэлита	42,8	28,4	–
	Элита	–	29,7	46,1
	РС-1	–	–	48,0
Среднесуглинистая почва	ППР-контроль	41,5	34,6	44,9
	Супер-суперэлита	28,9	–	–
	Суперэлита	41,9	38,0	–
	Элита	–	30,7	49,4
	РС-1	–	–	37,5
<b>НСР<sub>0,05</sub></b>		<b>5,24</b>	<b>4,40</b>	<b>2,54</b>

РАЗДЕЛ 5. СЕМЕНОВОДСТВО КАРТОФЕЛЯ

Продолжение таблицы 2

Условия выращивания. Фактор С	Репродукция. Фактор А	Урожайность, т/га		
		2014 г.	2015 г.	2016 г.
<b>Лиляя</b>				
Супесчаная почва	ППР-контроль	42,8	35,1	52,2
	Супер-суперэлита	41,8	–	–
	Суперэлита	31,6	28,8	–
	Элита	–	26,3	46,4
	РС-1	–	–	30,9
Среднесуглинистая почва	ППР-контроль	42,0	39,4	60,4
	Супер-суперэлита	39,6	–	–
	Суперэлита	38,7	32,2	–
	Элита	–	31,1	54,2
	РС-1	–	–	52,9
<b>НСР<sub>0,05</sub></b>		<b>3,96</b>	<b>4,00</b>	<b>3,03</b>
<b>Скарб</b>				
Супесчаная почва	ППР-контроль	34,0	29,5	51,6
	Супер-суперэлита	38,2	–	–
	Суперэлита	36,5	29,7	–
	Элита	–	28,5	49,5
	РС-1	–	–	46,3
Среднесуглинистая почва	ППР-контроль	34,7	33,8	55,5
	Супер суперэлита	31,9	–	–
	Суперэлита	27,9	30,2	–
	Элита	–	30,4	49,7
	РС-1	–	–	45,2
<b>НСР<sub>0,05</sub></b>		<b>3,75</b>	<b>4,40</b>	<b>3,82</b>
<b>Живица</b>				
Супесчаная почва	ППР-контроль	31,8	24,5	–
	Супер-суперэлита	36,0	–	–
	Суперэлита	39,0	25,2	–
	Элита	–	25,4	40,6
	РС-1	–	–	33,8
Среднесуглинистая почва	ППР-контроль	32,6	25,1	–
	Супер-суперэлита	37,4	–	–
	Суперэлита	31,4	30,3	–
	Элита	–	24,2	40,2
	РС-1	–	–	23,3
<b>НСР<sub>0,05</sub></b>		<b>5,08</b>	<b>4,10</b>	<b>4,03</b>
<b>Веснянка</b>				
Супесчаная почва	ППР-контроль	31,6	20,5	–
	Супер-суперэлита	25,9	–	–
	Суперэлита	31,6	21,1	–
	Элита	–	20,8	33,9
	РС-1	–	–	21,9

РАЗДЕЛ 5. СЕМЕНОВОДСТВО КАРТОФЕЛЯ

Окончание таблицы 2

Условия выращивания. Фактор С	Репродукция. Фактор А	Урожайность, т/га		
		2014 г.	2015 г.	2016 г.
Среднесуглинистая почва	ППР-контроль	34,7	27,3	–
	Супер-суперэлита	31,0	–	–
	Суперэлита	32,8	27,3	–
	Элита	–	30,8	55,4
	РС-1	–	–	30,6
<b>НСР<sub>0,05</sub></b>		<b>3,79</b>	<b>3,80</b>	<b>3,37</b>
Атлант				
Супесчаная почва	ППР-контроль	32,2	24,8	46,2
	Супер-суперэлита	34,8	–	–
	Суперэлита	32,9	18,1	–
	Элита	–	21,4	32,2
	РС-1	–	–	41,0
Среднесуглинистая почва	ППР-контроль	34,1	26,3	49,1
	Супер-суперэлита	38,4	–	–
	Суперэлита	33,2	27,6	–
	Элита	–	26,7	39,1
	РС-1	–	–	42,2
<b>НСР<sub>0,05</sub></b>		<b>4,74</b>	<b>3,50</b>	<b>3,02</b>

Доля семенных клубней в структуре урожая определялась в основном гранулометрическим составом почвы. Независимо от этапа размножения более высокий выход семенной фракции наблюдался на супесчаных почвах, за исключением сорта Лилея ССЭ, у которого в 2014 г. на суглинистой почве было получено на 9,2 % семенных клубней больше, чем на супесчаной (рис. 3–5).

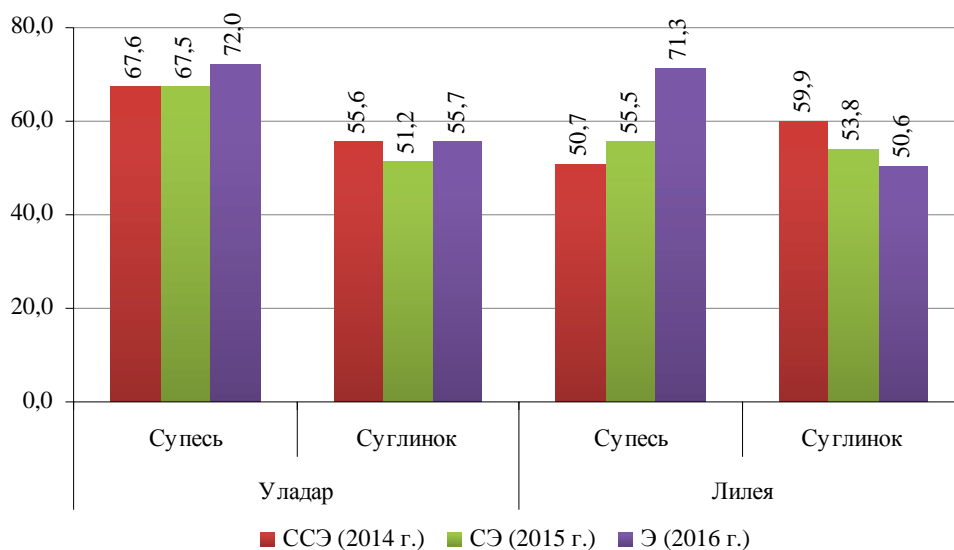


Рисунок 3 – Доля семенных клубней в структуре урожая сортов ранней группы спелости в зависимости от почвы, 2014–2016 гг.

РАЗДЕЛ 5. СЕМЕНОВОДСТВО КАРТОФЕЛЯ

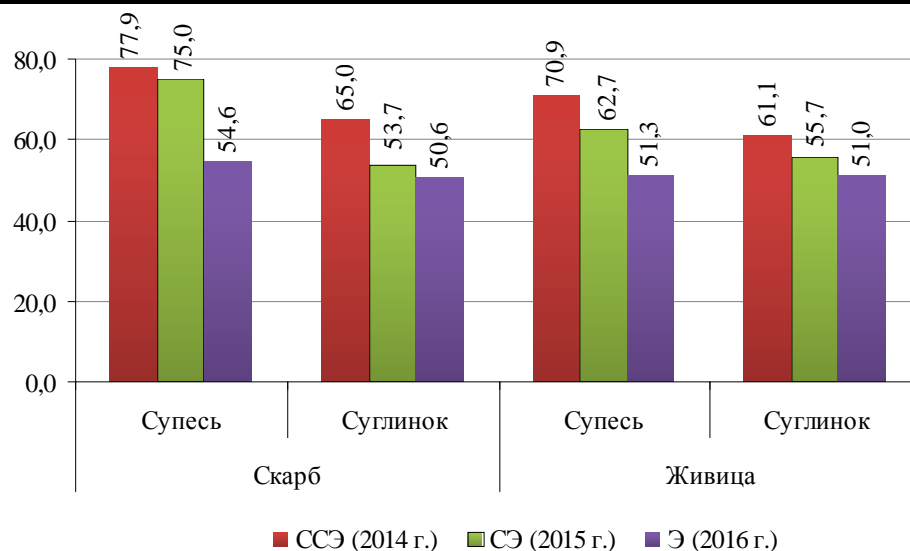


Рисунок 4 – Доля семенных клубней в структуре урожая сортов средней группы спелости в зависимости от почвы, 2014–2016 гг.

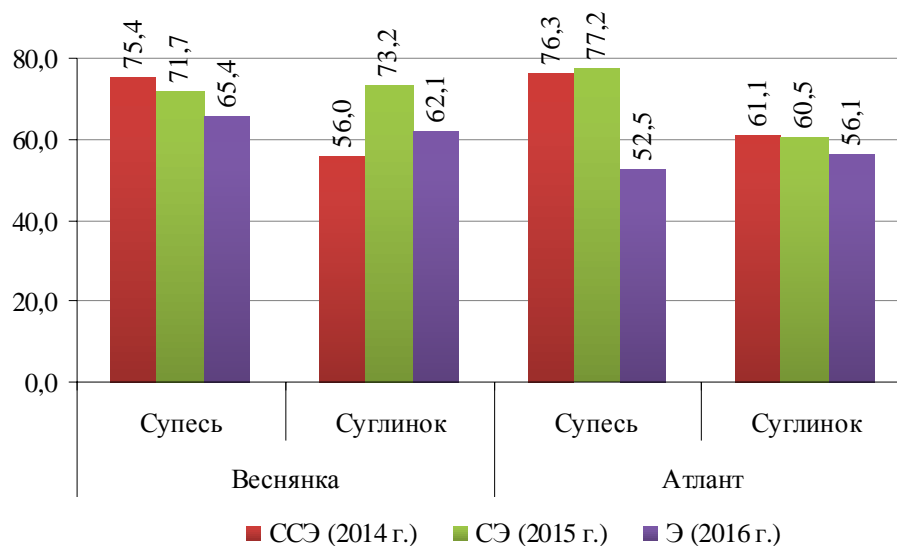


Рисунок 5 – Доля семенных клубней в структуре урожая сортов среднепоздней группы спелости в зависимости от почвы, 2014–2016 гг.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В результате проведенных исследований по изучению влияния условий выращивания и устойчивости сорта на качество семенного картофеля установлено, что пораженность растений вирусными, грибными и бактериальными болезнями зависела не только от репродукции, но и от устойчивости сорта и условий выращивания.

Учеты накопления вирусной инфекции в латентной форме за период 2013–2016 гг. показали, что при отсутствии фитосанитарных прочисток и должной защиты от переносчиков вирусной инфекции количество больных растений за один год репродуцирования может возрасти в зависимости от сорта на 1,0–26,5 %.

Анализ учета урожая показал, что независимо от сорта и репродукции более высокая урожайность за период 2014–2016 гг. получена на среднесуглинистых почвах. По отношению к супесчаным почвам урожайность репродукции ППР на суглинистых была выше на 9,9–18,6 %, репродукции суперсуперэлита – на 2,6–26,2, суперэлита – 10,7–15,5, элита – 3,2–19,5 %.

### Список литературы

1. Банадысев, С. А. Семеноводство картофеля: организация, методы, технологии / С. А. Банадысев. – Минск, 2003. – 325 с.
2. Новые технологии производства оздоровленного исходного материала в элитном семеноводстве картофеля. Рекомендации / Е. А. Симаков [и др.]; под ред. Б. В. Анисимова. – М., 2000. – С. 8–12.
3. Семеноводство картофеля в России: состояние, проблемы и перспективные направления / Б. В. Анисимов [и др.] // Картофелеводство России: актуальные проблемы науки и практики. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2007. – С. 41–49.
4. Адамов, И. И. Семеноводство картофеля / И. И. Адамов. – Минск, 1967. – 149 с.
5. Картофель / Д. Шпаар [и др.]; под ред. Д. Шпаара. – Минск: ЧУП «Орех», 2004. – 465 с.

Поступила в редакцию 19.10.2017 г.

N. A. ANTSHPOVICH, V. I. DUDAREVICH, V. L. MAHANKO

### INFLUENCE OF CULTIVATION AND STABILITY CONDITIONS OF VARIETIES ON QUALITY OF POTATOES SEED OF VARIOUS RIPENESS GROUPS

#### SUMMARY

*The results of soil texture influence, variety resistance and reproduction of planted seed on the quality of seed potatoes are represented in the article. Depending on growth conditions, the higher yield was obtained at the middle loamy soil in the period of 2014–2016 years.*

*The three years analysis dates shows that planting potatoes yield depends on soil texture and weather conditions.*

*Key words:* variety, resistance, reproduction, soil texture, viral infection.

УДК 635.21.632.3.07

**Е. В. Радкович, Г. Н. Гуца, Ю. В. Глушакова**

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

### **АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ ВИРУСНОЙ ИНФЕКЦИИ ПРИ КОМПЛЕКСНОМ ТЕСТИРОВАНИИ ПОЛЕВЫХ СОРТООБРАЗЦОВ КАРТОФЕЛЯ МЕТОДОМ ИФА В ПОСЛЕУБОРОЧНЫЙ ПЕРИОД**

#### **РЕЗЮМЕ**

*В статье приведены результаты исследований, полученные в ходе комплексного тестирования полевых сортобразцов картофеля в послеуборочный период методом ИФА в сочетании с индексацией.*

*Была определена структура вирусной инфекции протестированного полевого материала картофеля. Установлено, что поражение SBK составило 31,6 %, на долю ХВК и МВК приходилось по 10,0 %, ВСЛК содержался в 8,0 % протестированного материала, YBK был обнаружен в 4,7 %, АВК – в 0,2 % полевых сортобразцов.*

*Ключевые слова:* картофель, вирус, растение-индекс, иммуноферментный анализ (ИФА), индексация.

#### **ВВЕДЕНИЕ**

В настоящее время известно более 40 фитопатогенных вирусов, идентифицированных на картофеле в различных странах и регионах с разнообразными природно-климатическими условиями [1]. На основе современных представлений и сведений, опубликованных в мировой литературе по культуре картофеля в последние годы, к числу наиболее важных фитопатогенных вирусов, получивших практически повсеместное распространение везде, где возделывается картофель, относятся: X-вирус картофеля (ХВК), Y-вирус картофеля (YBK), S-вирус картофеля (SBK), M-вирус картофеля (МВК), вирус скручивания листьев картофеля (ВСЛК).

Меньшее значение по распространению и степени вредоносности имеют следующие вирусы: A-вирус картофеля (АВК), вирус аукуба-мозаики картофеля (ВАМК), вирус метельчатости верхушки картофеля (ВМВК), вирус погрелковости табака (раттл-вирус) и др. Особенно высока вредоносность таких фитопатогенных вирусов, как YBK, МВК и ВСЛК [2].

Степень снижения урожайности зависит от вида вируса, а также сорта и условий выращивания культуры. При поражении посадок вирусом S недобор



урожая может достигать 15–20 %, вирусом X – от 10–15 до 45–50 % в зависимости от штамма. Вредоносность вируса Y также варьирует в широких пределах — от 15–20 % до почти полного отсутствия урожая, плюс резко снижается товарность клубней больных растений. Вирус M обычно более вредоносен, чем вирусы X и S: снижение урожая составляет 15–45 %, а содержание крахмала в клубнях уменьшается на 2–3 %. Снижение продуктивности растений от вируса L (скручивание листьев) может достигать 50–70 %, а от вирида веретеновидности – 85 %.

При комплексных вирусных инфекциях недоборы урожая еще ощутимее. Например, при одновременном поражении растений вирусами X и M урожайность снижается на 55–60 %, а вирусами X, M и Y – на 80 % и более, то есть инфицированные растения урожая практически не дают [3].

Большая вредоносность вирусов, вызывающих средние и тяжелые формы вирусного поражения на картофеле, объясняется прежде всего тем, что они быстро распространяются переносчиками, например зеленой персиковой тлей (*Myzus persicae*), и почти всегда передаются вегетативно размножаемому потомству через клубни.

Изменения в экологии, агротехнике возделывания картофеля, интродукция зарубежных сортов способствуют расширению ареала вирусных заболеваний, усилению их вредоносности [4]. Накопление вирусной инфекции в семенном материале картофеля и проявление признаков болезней прогрессирует с увеличением числа полевых поколений. По этой причине в процессе оригинального, элитного и репродукционного семеноводства классность семенного материала с каждым последующим поколением снижается на одну ступень. Борьба с вирусными болезнями является одной из важнейших и наиболее сложных проблем [5].

Основным этапом в методиках оздоровления является контроль на зараженность образца вирусными и бактериальными болезнями на всех стадиях производства картофеля [6]. Применение современных, высокочувствительных методов диагностики, таких как иммуноферментный анализ (ИФА), позволяют выявить и идентифицировать вирусные патогены, присутствующие в анализируемом материале в скрытой форме, а по результатам анализа выявить вирусы, которые в большей степени распространены в данной местности. В связи с этим целью наших исследований явился анализ структуры вирусной инфекции с использованием комплексного тестирования полевых сортообразцов картофеля методом ИФА в сочетании с индексацией.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Исследования проводили в РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству» в 2016–2017 гг. в лаборатории иммунодиагностики картофеля. В качестве опытного материала использовали клубни картофеля 12 сортообразцов, выращенные в полевых условиях.

Клубни отобранных сортообразцов для индексации готовили согласно методике послеуборочного глазкового теста [7]. Спустя 3–4 недели, когда ростки достигли 5–7 мм, их вырезали с сектором околоростковой ткани клубня (индекс) диаметром около 2 см и оставляли на 24–48 часов для опробковения, после чего индексы высаживались в агроперлитовый субстрат. Выращивание индексов осуществлялось при температуре 20–25 °С и освещенности 3000–4000 люкс при 16-часовом световом фотопериоде. Когда растения достигали высоты 15–18 см, проводили анализ листового материала индексов на наличие ХВК, УВК, СВК, МВК, АВК, ВСЛК методом ИФА. Для этого использовали наборы биохимических реагентов фирмы Agdia (США), анализ выполняли согласно прилагаемому протоколу [8]. Оценку результатов осуществляли при помощи фотометра «BIO-RAD 680» при длине волны 405 нм.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

К индексации было подготовлено и высажено 2113 индексов двенадцати сортообразцов. Наличие вирусной инфекции в растениях-индексах, выращенных из клубней исследуемых сортообразцов, определяли методом иммуноферментного анализа при достижении растений-индексов высоты 15–18 см.

По результатам выполненной диагностики методом иммуноферментного анализа была определена пораженность вирусной инфекцией 12 сортообразцов, данные отражены на рисунке.

В наших исследованиях растения-индексы каждого сортообразца мы распределяли по трем категориям: 1 – растения, не несущие вирусной инфекции; 2 – растения, несущие моноинфекцию; 3 – растения, несущие комплекс вирусов (смешанная инфекция).

Установлено, что сортообразец № 1 был представлен двумя категориями: растения, не несущие вирусной инфекции – 87,6 % и растения, несущие моноинфекцию – 13,3 %, другой вирусной инфекции в данном сортообразце не обнаружено (рис. а).

При тестировании 344 растений-индексов сортообразца № 2 выявлено 258, не несущих скрытой вирусной инфекции, что составляло 75 % (рис. б). Моноинфекция S-вируса картофеля была отмечена в 18 % всех протестированных растений-индексов данного сортообразца, на M-вирус приходилось 4,7 %, A-вирус обнаружен в 0,6 % исследуемого материала. Смешанная инфекция представлена одной комбинацией вирусов S+M и составляет 1,7 %.

Из 174 растений-индексов сортообразца № 3 не содержали скрытой вирусной инфекции 102 индекса, что составляло 58,6 %, остальной материал был заражен моно- и смешанной вирусной инфекцией (рис. в). Моноинфекция S-вируса картофеля отмечена в 20,6 % всего протестированного материала данного сортообразца, M-вирус выявлен в 2,3 % растений-индексов, на L- и A-вирус приходилось по 1,2 %. Смешанная инфекция была представлена 2-мя комбинациями: S+M и M+L. На комбинацию смешанной инфекции S+M приходилось 14,9 %, на M+L – 1,2 %.

Тестирование 72 растений-индексов сортообразца № 4 позволило выявить 40 индексов, не несущих вирусной инфекции, что составляло 55,5 % (рис. *з*). На долю моноинфекции X-вируса картофеля приходилось 38,9 %, L-вирус был выявлен в 2,8 % протестированных растений-индексов. Смешанная инфекция представлена одной комбинацией вирусов S+L, на ее долю приходилось 2,8 %.

На рисунке *д* представлена структура вирусной инфекции сортообразца № 5. Методом ИФА протестировано 150 растений-индексов, 24 % данного сортообразца были свободны от вирусной инфекции. Моноинфекция L-вируса картофеля была выявлена в 14,7 % растений-индексов, S-вирус картофеля – в 6,7 % и X-вирусом поражено 2,7 % исследуемого материала. Смешанная инфекция была представлена 6-ю комбинациями. Суммарный процент поражения сортообразца № 5 смешанной вирусной инфекцией составлял 52 %. На комбинацию вирусов X+S+L приходилось 30,6 %, на X+L – 8, на S+L – 6,7, на X+S – 4 %. По 1,3 % приходилось на смешанную вирусную инфекцию, представленную следующими комбинациями: X+Y+S+L и Y+S+L.

Из 94 протестированных растений-индексов сортообразца № 6 выявлено 20, не несущих скрытой вирусной инфекции, что составляло 21,3 % (рис. *е*). Следует отметить, что данный сортообразец был поражен только моноинфекцией Y-вируса картофеля, который был выявлен в 74 (78,7 %) растениях-индексах, другой инфекции не обнаружено.

Тестирование 152 растений-индексов, выращенных из клубней сортообразца № 7, выявило 25 индексов (16,5 %), не содержащих вирусной инфекции (рис. *ж*). Моноинфекция S-вируса картофеля была отмечена в 40,7 % всех протестированных растений-индексов данного сортообразца. Смешанная инфекция представлена 4-мя комбинациями вирусов: S+M, Y+S+M+L, S+L и S+M+L. На комбинацию S+M приходится 40,1 %; на комбинации смешанной инфекции Y+S+M+L – 1,3, на комбинации S+L и S+ M+L – по 0,7 % от всех протестированных растений-индексов.

При исследовании растений-индексов методом ИФА сортообразцов № 8 и 9 свободных от вирусной инфекции растений-индексов не выявлено (рис. *з*). Анализ пораженности вирусной инфекцией сортообразца № 8 показал, что 58 % растений-индексов содержали моноинфекцию S-вируса картофеля. Смешанная инфекция представлена 9-ю комбинациями вирусов, в каждой из них присутствует SBK: S+M – 12,4 %, X+S – 8,7, Y+S – 6,2, Y+S+M – 4,9, S+M+L – 3,7, X+S+M+L – 2,5 %, по 1,2 % приходится на комбинации X+S+M, X+Y+S, X+Y+S+M всего протестированного материала данного сортообразца.

Пораженность вирусной инфекцией 166 растений-индексов сортообразца № 9 по результатам тестирования была представлена следующим образом: моноинфекция S-вируса картофеля обнаружена в 23,3 % исследуемого материала, смешанная инфекция представлена 3-мя комбинациями вирусов: X+S – 37,0 %, X+S+M – 30,1 и S+M – 9,6 % (рис. *и*).

Анализ результатов ИФА 180 растений-индексов сортообразца № 10 позволил выявить 118 растений (65,6 %), свободных от латентной вирусной

РАЗДЕЛ 5. СЕМЕНОВОДСТВО КАРТОФЕЛЯ

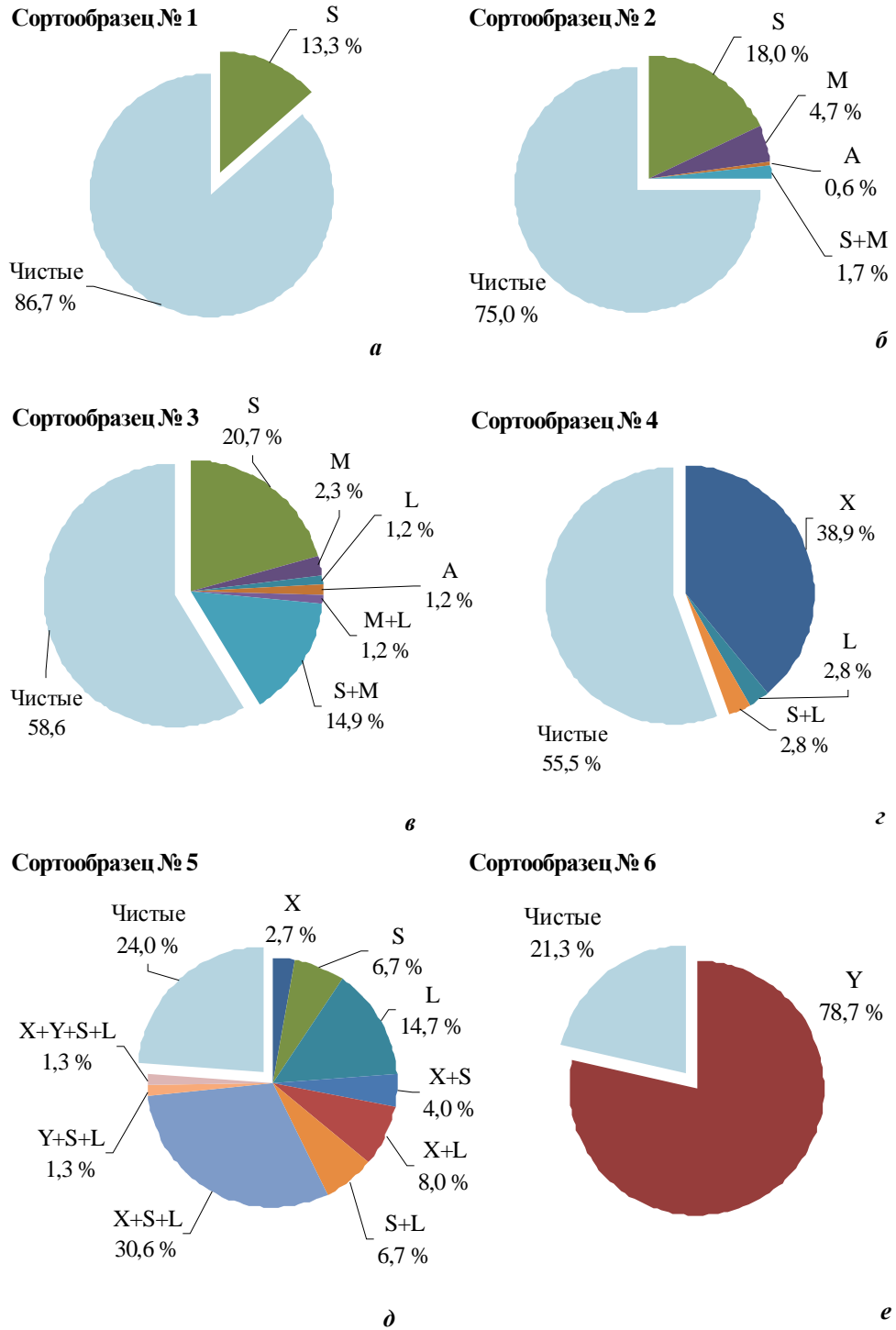
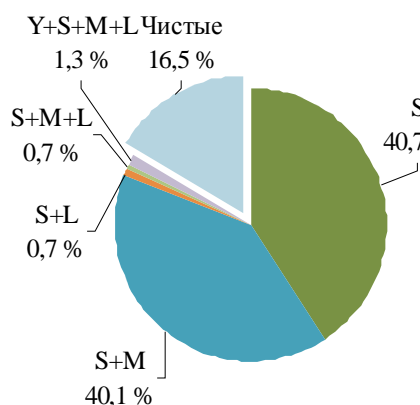


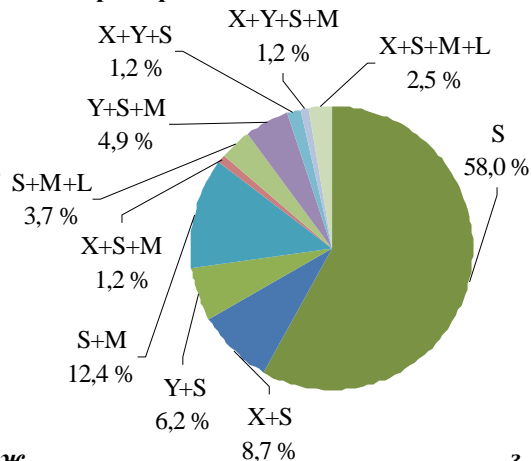
Рисунок – Пораженность сортообразцов вирусной инфекцией по результатам диагностики методом ИФА (окончание см. на с. 229)

Сортообразец № 7



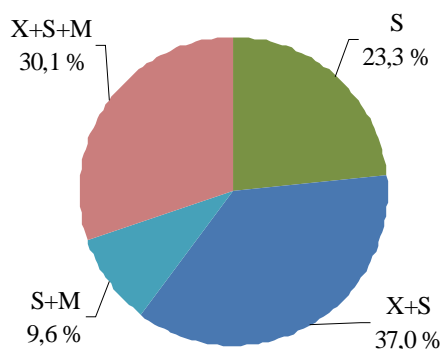
ж

Сортообразец № 8



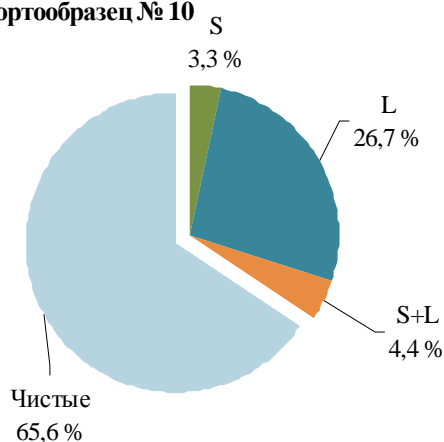
з

Сортообразец № 9



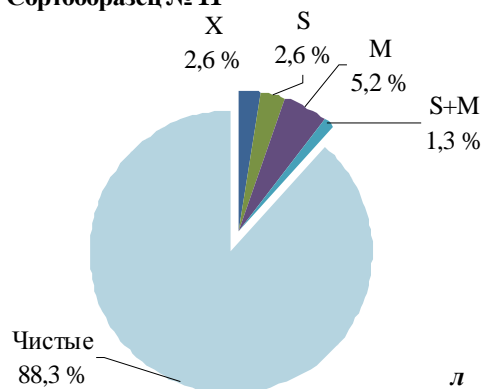
и

Сортообразец № 10



к

Сортообразец № 11



л

Рисунок – Окончание  
(начало см. на с. 228)

РАЗДЕЛ 5. СЕМЕНОВОДСТВО КАРТОФЕЛЯ

инфекции (рис. к). Моноинфекция L-вируса картофеля была выявлена в 26,7 % материала, 3,3 % приходилось на S-вирус. Смешанная инфекция представлена одной комбинацией вирусов S+L и составляет 4,4 % от всего протестированного материала.

При тестировании 144 растений-индексов сортообразца № 11 выявлено 88,3 % материала, свободного от вирусной инфекции (рис. л). В растениях исследуемого сортообразца выявлена моноинфекция X-, S- и M-вируса, суммарно на нее приходится 10,4 %, а на смешанную инфекцию S+M – 1,3 % от всего протестированного материала.

Анализ на пораженность вирусной инфекцией сортообразца № 12 по результатам диагностики методом ИФА позволил установить, что все 465 растений-индексов не содержали искомым фитовирусов.

Также мы определили общее поражение X-, Y-, S-, M-, L- и A-вирусами тестируемых полевых сортообразцов. В этом случае структура вирусной инфекции учитывалась путем суммирования всех пораженных растений определенным вирусом без разделения по категориям.

ХВК был выявлен в 5 сортообразцах из 12 протестированных. Максимальное его количество было отмечено для сортообразца № 9 и составляло 67,1 % (табл.), минимальное было выявлено в сортообразце № 11 и составляло 2,7 %. Y-вирус картофеля был обнаружен в четырех сортообразцах, поражение данным вирусом сортообразца № 6 составило 78,7 %, в минимальном количестве этот вирус был обнаружен в сортообразце № 7 – 1,3 %. Из протестированных сортообразцов в десяти был выявлен СВК. Сортообразцы № 8 и 9 были поражены S-вирусом картофеля на 100 %, сортообразец № 7 содержал

Таблица – Структура вирусной инфекции полевых сортообразцов, протестированных методом ИФА в послуборочный период, 2017 г.

Сортообразец	Вирусная инфекция												Проверено растений-индексов, шт.
	ХВК		YVK		СВК		МVK		ВСЛК		АVK		
	шт.	%	шт.	%	шт.	%	шт.	%	шт.	%	шт.	%	
№ 1	0	0	0	0	4	13,3	0	0	0	0	0	0	30
№ 2	0	0	0	0	68	19,8	22	6,4	0	0	2	0,6	344
№ 3	0	0	0	0	62	35,6	30	17,2	4	2,3	2	<b>1,1</b>	174
№ 4	28	38,8	0	0	2	2,7	0	0	4	5,5	0	0	72
№ 5	70	46,6	4	2,6	76	50,6	0	0	94	<b>62,6</b>	0	0	150
№ 6	0	0	74	<b>78,7</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	94
№ 7	0	0	2	1,3	127	83,5	64	<b>42,1</b>	2	1,3	0	0	152
№ 8	24	14,8	20	12,3	162	<b>100</b>	42	25,9	10	6,2	0	0	162
№ 9	98	<b>67,1</b>	0	0	146	<b>100</b>	58	39,7	0	0	0	0	146
№ 10	0	0	0	0	14	7,7	0	0	56	31,1	0	0	180
№ 11	4	2,7	0	0	6	4,2	10	6,9	0	0	0	0	144
№ 12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	465
Всего	224	10,6	100	4,7	667	31,6	226	10,7	170	8,0	4	0,2	2113

83,5 % этого вируса. Меньше всего SBK было выявлено в сортообразце № 4 – 2,7 %. Шесть сортообразцов были поражены MBK в разной степени, максимальное количество MBK (42,1 %) выявлено в сортообразце № 7. Несколько ниже поражение данным вирусом отмечено в сортообразце № 9. Меньше всего MBK (6,4 %) содержалось в сортообразце № 2. Общее количество пораженных сортообразцов вирусом скручивания листьев картофеля составило 6 шт. Анализ полученных результатов по выявлению данного вируса показал, что растения-индексы сортообразца № 5 поражены им на 62,6 %, сортообразец № 7 содержал минимальный процент ВСЛК (1,3 %). В сортообразцах № 2 и 3 доля АВК составила 0,6 и 1,1 % соответственно.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования по определению структуры вирусной инфекции 12 полевых сортообразцов позволили установить, что вирусная инфекция в исследуемом материале представлена как в чистом, так и в смешанном виде.

Следует отметить преобладание SBK как в моно-, так и в смешанном виде. Моноинфекция данного вируса была выявлена в 9 сортообразцах из 12 протестированных. Два сортообразца были поражены SBK на 100 %. Моноинфекция ХВК выявлена только в сортообразце № 4, на его долю приходилось около 40 %. Максимальное поражение моноинфекцией УВК было отмечено для сортообразца № 6, материал данного сортообразца был поражен этим вирусом на 78,7 %. Моноинфекция ВСЛК была выявлена в четырех сортообразцах, максимальный процент поражения данным вирусом отмечен для сортообразца № 10 и составлял 26,7 %. А-вирус картофеля был представлен только моноинфекцией в двух сортообразцах – № 2 и 3, на его долю приходилось 0,6 и 1,2 % соответственно.

Окончательным этапом анализа структуры вирусной инфекции в наших исследованиях было определение общей картины поражения вирусной инфекцией полевого материала картофеля, протестированного в послеуборочный период. В итоге нами было установлено, что поражение SBK составило 31,6 %, на долю ХВК и MBK приходилось по 10 %, ВСЛК содержался в 8 % всего протестированного материала, УВК был обнаружен в 4,7, 0,2 % всех полевых сортообразцов было поражено АВК.

## Список литературы

1. Сорока, С. В. Вирусы и вирусные болезни сельскохозяйственных культур / С. В. Сорока, Ж. В. Блоцкая, В. В. Вабищевич; науч. ред. Р. В. Гнутова.– Несвиж: Несвиж. укрупн. тип, 2009.– 28 с.
2. Интернет-портал Российской Федерации [Электронный ресурс] / ВНИИКХ им. Лорха «Болезни, вызываемые вирусами и вироидами». – Режим доступа: <http://agrokorenevo.ru/>. – Дата доступа: 05.12.2017.
3. Интернет-портал Российской Федерации [Электронный ресурс] / ВНИИКХ им. Лорха «Вирусные болезни картофеля и меры по ограничению

их распространения». – Режим доступа: <http://www.agrocounsel.ru/>. – Дата доступа: 05.12.2017.

4. Власов, Ю. И. Природная очаговость вирусных и фитоплазменных (микоплазменных) болезней растений / Ю. И. Власов. – СПб, 1998. – 33 с.

5. Радкович, Е. В. Тестирование селекционных клонов картофеля на наличие X-, Y-, S-, M-вирусов методом индексации с применением иммуноферментного анализа / Е. В. Радкович, Ж. В. Блоцкая // Картофелеводство: сб. науч. тр. / РУП «Науч.-практ. центр НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству», 2009. – Т. 15. – С. 253 – 259.

6. Основные этапы новой схемы отбора родоначального материала картофеля, свободного от фитопатогенов, для введения в культуру *in vitro* / Е. В. Радкович [и др.] // Картофелеводство: сб. науч. тр. / РУП «Науч.-практ. центр НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству»; редкол.: С. А. Турко (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2012. – Т. 20. – С. 151–159.

7. Методика проведения полевых обследований и послеуборочного контроля качества семенного картофеля. – М.: Икар. – 2005. – 112 с.

8. Инструкция для проведения ИФА наборами фирмы Agdia. – США, 2016. – 6 с.

Поступила в редакцию 22.11.2017 г.

E.V. RADKOVICH, G. N. GUSCHA, YU.V. GLUSHAKOVA

#### **ANALYSIS OF VIRAL INFECTION STRUCTURE AT COMPLEX TESTING OF FIELD POTATOES VARIETIES BY ELISA METHOD DURING THE POSTHARVEST PERIOD**

##### **SUMMARY**

*The research results obtained during complex testing of field potatoes varieties during postharvest period by ELISA in combination with indexing are presented in the article. The structure of the viral infection of field material of potatoes was determined. The lose PVS accounted for 31.6 %, the share of PVX and PVM accounted for 10 %, PLRV was contained in 8 % of all tested material, PVY was detected in 4.7 %, PVA was detected in 0.2 % of field samples.*

*Key words:* potatoes, virus, plant-index, ELISA, indexation.



## **РАЗДЕЛ 6**

### **ОБЩИЕ ВОПРОСЫ КАРТОФЕЛЕВОДСТВА**

УДК 635.21.24. 632.937.15

**С. В. Жевора, В. И. Старовойтов, О. А. Старовойтова,  
А. А. Манохина**

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт  
картофельного хозяйства имени А. Г. Лорха», пос. Красково,  
Люберецкий район, Московская область, Россия  
E-mail: agronir@mail.ru

#### **МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К РАЗВИТИЮ КАРТОФЕЛЕВОДСТВА**

##### **РЕЗЮМЕ**

*В статье представлен анализ проблем в картофелеводстве Российской Федерации, связанных с вызовами времени: импортозамещением, глобальным и локальным изменением климата, глобализацией, усилением конкуренции на рынках ШОС, ЕАЭС, здоровым питанием, оценкой позитивности технологических (физические, химические, биологические) воздействий в картофелеводстве.*

*Ключевые слова:* картофелеводство, изменение климата, глобализация, методология, технологии производства картофеля.

##### **ВВЕДЕНИЕ**

Как и столетия назад, картофель – второй по значимости продукт растениеводства в Союзном государстве России и Беларуси после зерновых культур. Среднегодовой объем внутреннего рынка картофеля оценивается в 37–40 млн т.

Отличительной чертой картофелеводства в Российской Федерации и Беларуси остается ориентированность на внутренний рынок. Структура внутреннего рынка картофеля включает: столовый картофель – 15–16 млн т; семенной – 6–7; кормовой – 5–6; картофель на переработку – до 1 млн т.

Ежегодные объемы импорта картофеля составляют около 500 тыс. т (549 тыс. т в 2015 г., или менее 2 % производимого товарного картофеля); экспорт картофеля не превышает 100 тыс. т.

Несмотря на значительные объемы внутреннего производства данной культуры, доля сортов российской селекции на отечественном рынке посадочного материала не превышает 20 %. Это объясняется двумя основными факторами:

– интенсивное использование несортного посадочного материала (30,5 %);

– низкая конкурентоспособность сортов российской селекции по сравнению с сортами зарубежной селекции, на которые приходится около половины посадочного материала (49,8 %).

Высокая доля посадочного материала иностранной селекции отражает, прежде всего, спрос сельскохозяйственных организаций (0,2 млн га, или 9,7 % площадей, занятых посадками картофеля), крестьянских и фермерских хозяйств (0,15 млн га, или 7,2 % площадей).

Ведущими странами-поставщиками семенного картофеля в Российскую Федерацию в 2014–2016 гг. являлись Германия, Нидерланды и Финляндия. Одновременно семеноводческие компании этих стран в последние годы активно реализуют проекты локализации производства посадочного материала картофеля на территории Российской Федерации.

В России традиционно сохраняется высокий спрос на картофель со стороны российских потребителей. В среднесрочном периоде спрос на него будет поддерживаться за счет повышения доли потребления картофеля, подвергнутого обработке, в первую очередь картофеля фри, пюре и чипсов [1].

*Основными вызовами времени в картофелеводстве являются:*

1) импортозамещение (это касается не только сортов, но и средств защиты, машин, технологии, картофелепродуктов);

2) глобальное и локальное изменение климата (создание стрессоустойчивых сортов и технологий, снижающих стресс растений – влияние перепадов температуры, влажности, инсоляции);

3) глобализация (усиление конкуренции на рынках ШОС, ЕАЭС);

4) здоровое питание (картофель – это второй хлеб, поэтому особо важно его качество как продукта массового потребления);

5) оценка позитивности технологических (физические, химические, биологические) воздействий в картофелеводстве (необходимо учитывать, что природа пытается приспособиться к тем воздействиям, которым подвергается почва. Например, используются селективные химические средства в борьбе с сорняками, и результат часто не однозначный: на смену одним сорнякам приходят другие, более вредоносные, то есть идет своеобразная селекция сорняков и т. д.).

Чтобы решить эти задачи в России, необходим переход на новый технологический уклад.

Согласно определению С. Ю. Глазьева, технологический уклад представляет собой целостное и устойчивое образование, в рамках которого осуществляется замкнутый цикл, начинающийся с добычи и получения первичных ресурсов и заканчивающийся выпуском набора конечных продуктов, соответствующих типу общественного потребления [2]. Поэтому ключевым направлением экономической политики должно стать осуществление промышленного прорыва на основе шестого технологического уклада.

В плане стратегического маркетинга и геоэкономики необходима совместная организация Россией, Беларусью и ЕАЭС нового мегарынка для своей продукции, включая картофель [2].

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

*Методология решения задач технологического развития.* Методологической основой развития технологии и технических средств в настоящее время является освоение новых подходов шестого технологического уклада: конвергентных НБИКС-технологий (нано-, био-, информ-, когнитивных технологий).

Социальная рефлексия бурного развития конвергентных технологий колеблется от абсолютного принятия до полного отрицания НБИКС-технологий.

В то же время процессы интеграции человека с искусственными средами жизнедеятельности протекают на всех уровнях. Говоря о конвергенции технологий, подразумевают процессы взаимопроникновения, взаимовлияния, которые создают предпосылки получения невероятных технологических результатов.

На информационную картину мира большое влияние оказало развитие компьютерной техники и средств связи, создание сети Интернет, навсегда изменив восприятие информации человеком.

Нанотехнологии, появившиеся вслед за информационными, основаны на использовании отдельных атомов и молекул. Биотехнология направлена на решение технологических задач путем изучения потенциалов использования живых организмов.

Когнитивная наука – комплекс междисциплинарных исследований познавательных процессов, то есть процессов восприятия, мышления, памяти, а также взаимодействия человека с его окружением [2].

Глобальное и локальное изменение климата требует новых подходов по реализации схем эффективного землепользования: создание индустриальных агротехнопарков, агробιοкластеров, реализующих выращивание и глубокий передел продукции, ставящих задачи по совершенствованию полевых технологий производства и в первую очередь картофеля как наиболее энергозатратной, но перспективной культуры.

Машинные технологии, применяемые в картофелеводстве, охватывают производство на разных типах почв, хозяйства разного уровня оснащенности и целей производства.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Перспективным направлением является возделывание картофеля на грядах, которое хорошо вписывается в существующие технические и технологические подходы и позволяет провести конверсию базовых машин, выпускаемых в ЕАЭС и ЕС без существенных экономических затрат (рис.).

Данную схему можно представить как ядро технологической матрицы – основы, позволяющей развивать ее в нескольких измерениях, например, по ширине захвата и производительности машин, по назначению техники: для селекции, оригинального семеноводства, выращивания продовольственного картофеля.

В рамках реализации данной технологии создаются комплекты машин: параметрический ряд машин по ширине захвата и производительности.

РАЗДЕЛ 6. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ КАРТОФЕЛЕВОДСТВА

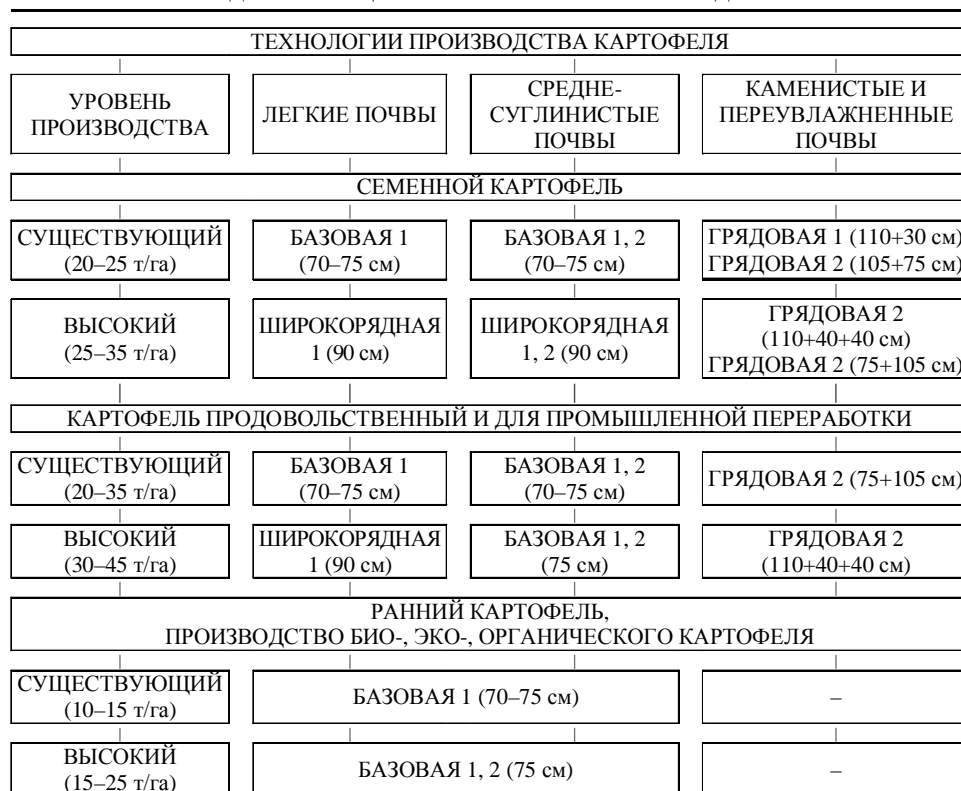


Рисунок – Схема технологий возделывания картофеля

Примечание. 1 – применение пассивных рабочих органов;

2 – применение активных рабочих органов.

Как отмечалось, важнейшими задачами являются сокращение цикла семеноводства и более быстрый переход от селекции и семеноводства к широкомасштабному использованию сортов в производстве [3, 4].

Это осуществляется за счет: 1) молекулярного маркирования форм на ранних этапах их создания; 2) использования аэрогидропоники для быстрого размножения картофеля (такие лаборатории многие организации уже имеют.)

Конвергенция исследований позволяет сократить технологический цикл: переход от девятилетнего цикла выведения сортов картофеля к шестилетнему.

В ФГБНУ ВНИИКХ разработана действующая 3-D модель развития клубненосных растений. Важность работы заключается в возможности исследования и управления продукционным процессом получения урожая с заданными потребительскими свойствами на основе физической, химической и биологической коррекции функционирования растения, создании и совершенствовании имитационных и информационных моделей для проведения исследований в картофелеводстве.

Новый технологический уклад меняет парадигму создания машин и технологий, например, уже не под девятилетний цикл селекционного процесса

и семи-девятилетний цикл репродуцирования семенного картофеля до его товарного производства, применяемый в практическом семеноводстве (который включает более 30 различных технологий), а под цикл в полтора-два раза более короткий. Это наглядный пример конвергенции, когда одно направление – биотехнологическое и генетическое – помогает по-новому решать вопросы другого направления – механизации процессов.

Серьезным сдвигом в оригинальном семеноводстве картофеля стала Программа Союзного государства России и Беларуси «Инновационное развитие производства картофеля и топинамбура» на 2013–2016 годы [5, 6]. В рамках реализации Программы организованы тест-питомники отечественных сортов картофеля и топинамбура в регионах России, Беларуси, Казахстана и Армении. Развернуто масштабное производство мини клубней отечественных сортов картофеля. Созданы комплекты 2-рядных машин для возделывания с междурядьями 75 и 90 см и уборки семенного картофеля и топинамбура (культиваторы для сплошной и междурядной обработки почвы, сажалки, уборочные комбайны), оборудование для подготовки и переработки картофеля и топинамбура.

*Информационные технологии.* Создаются вычислительные и информационные системы, обладающие отдельными характеристиками человеческого интеллекта (например, способностью к самообучению и самостоятельному анализу). Известны разработки ФГБНУ ВНИИКХ [3] и других организаций по оптическому бесконтактному распознаванию качества картофеля, исследованию растений в поле, их болезней, вредителей. Новые информационные технологии и использование беспилотных летательных аппаратов (БПЛА-дронов) открывают широкие возможности в семеноводстве для оценки качества посадок и управления процессами. Открываются возможности создания многослойных высокоточных карт роста картофеля и плодородия почв.

Наиболее сложный процесс – механизированная уборка картофеля.

Основными требованиями к конструктивным и технологическим параметрам комбайна для уборки картофеля являются:

- автоматизация технологических процессов подкopa клубневого слоя, колебаний и скорости движения сепарирующих элеваторов;
- улучшение проходимости ходовых систем комбайна с учетом различных почвенно-климатических условий регионов нашей страны на основе использования пневмогусеничного движителя;
- совершенствование машин за счет установки средств технического зрения, наблюдение за технологическими процессами с помощью телекамер;
- оснащение системами навигации для высокоточного земледелия;
- выбор режимов работы на основе использования интеллектуальных систем, которые сами выбирают оптимальные параметры движения агрегата и рабочих органов;
- создание точных карт урожайности культур.

В России и Беларуси всего несколько предприятий: ЗАО «Колнаг» (Коломна), Гримме-Русь, ОАО «Лидсельмаш», ОАО «Гомсельмаш», НПЦ по

механизации (Минск), ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, НПО «Агромаш» (Рязань) обеспечивают технический потенциал отрасли, через который необходимо усилить их роль в продвижении технических инноваций.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Решение задач призвана обеспечить мировая система менеджмента Стандарт Global G.A.P. (Надлежащей (Good) Сельскохозяйственной (Agricultural) Практики (Practices)), обеспечивающая безопасность и качество сельскохозяйственной продукции, ставящая своей целью показать потребителям фактическую минимизацию воздействия вредоносных факторов окружающей среды на продукцию в процессе ее производства и гарантировать безопасность ее потребления. Это интегрированная система управления сельскохозяйственным производством. Однако этого недостаточно. Сегодня на первом месте стоят вопросы повышения потребительских качеств клубней, их сохранности при длительном хранении, обеспечения экологической чистоты и развития логистики поставок, строгого разделения производства продовольственного и семенного картофеля, снижения потерь урожая на пути «поле – потребитель», включая качество продукта в технологии органического земледелия.

Новый технологический уклад, вызовы времени затрагивают изменения на всех этапах научных работ и производства, междисциплинарных комплексных исследований, направленных на повышение качества и эффективности исследований в картофелеводстве.

## Список литературы

1. Старовойтов, В. И. Для развития прорывных технологий производства картофеля нужны инвестиции / В. И. Старовойтов, О. А. Павлова // Картофель и овощи. – 2007. – № 7. – С. 2–3.
2. Глазьев, С. Ю. Стратегия опережающего развития России в условиях глобального кризиса / С. Ю. Глазьев. – М.: Экономика, 2010. – 255 с.
3. Старовойтов, В. И. Обоснование процессов и средств механизации производства картофеля в системе «поле – потребитель»: дис. ... д-ра техн. наук: 05.20.01 / В. И. Старовойтов. – М., 1995. – 37 с.
4. Старовойтов, В. И. Грядовая технология возделывания картофеля / В. И. Старовойтов, О. А. Павлова // Научные труды ВИМ. – М., 2002. – Т. 141. – Ч. 1. – С. 175–181.
5. Программа «Инновационное развитие производства картофеля и топинамбура» на 2013–2016 годы / В. И. Старовойтов [и др.] // Картофелеводство: сб. науч. тр. / РУП НПЦ НАН Беларуси по картофелеводству и плодородию. – Минск: Ин-т систем. исслед. в АПК НАН Беларуси, 2013. – Т. 21. – Ч. 2. – С. 6–15.
6. Кузьмина, Г. С. Новая культура для аграрного сектора России требует разработки новых технологий / Г. С. Кузьмина, А. Г. Пономарев // Инновационное

развитие АПК России на базе интеллектуальных машинных технологий: сб. науч. докл. Междунар. науч.-техн. конф. – М., 2014. – С. 140–145.

Поступила в редакцию 19.10.2017 г.

S. V. ZHEVORA, V. I. STAROVOYTOV, O. A. STAROVOYTOVA,  
A. A. MANOHINA

## **METHODOLOGICAL APPROACHES TO POTATO GROWING DEVELOPMENT**

### **SUMMARY**

*The analysis of the problems in the potato cultivation of the Russian Federation related challenges: from import substitution, global and local climate change; globalization, increased competition in the markets of the SCO, the EEU, healthy diet, positive assessment of the technological (physical, chemical, biological) treatment in potato, is presented in the article.*

*Key words:* potato growing, climate change, globalization, methodology, technologies of potato production.

Научное издание

КАРТОФЕЛЕВОДСТВО  
СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ  
ТОМ 25

Основан в 1970 году

Ответственный за выпуск А. А. Ванягина

Издано по заказу РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству», ул. Ковалева, 2а, аг. Самохваловичи, Минский район, Минская область, 223013, Республика Беларусь.  
Тел./факс: + 37517 506-67-79. E-mail: belbulba@belbulba.by

Подписано в печать 28.12.2017. Формат 70×100 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная. Ризография. Усл. печ. л. 19,50. Уч.-изд. л. 17,88. Тираж 100 экз. Заказ 44. 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.