

**РУП «НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЦЕНТР НАН БЕЛАРУСИ  
ПО КАРТОФЕЛЕВОДСТВУ И ПЛОДООВОЩЕВОДСТВУ»**



## **КАРТОФЕЛЕВОДСТВО**

**Сборник научных трудов**

**Том 23**

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

## **POTATO-GROWING**

**Proceedings**

**Volume 23**

**Минск 2015**

УДК 635.21

**Картофелеводство:** сб. науч. тр. / РУП «Науч.-практ. центр НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству»; редкол.: С.А. Турко (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2015. – Т. 23. – 217 с.

Издание основано в 1970 г.

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

**Редакционная коллегия:** С.А. Турко, Г.И. Пискун, Н.Н. Стефанькина, С.И. Гриб, Л.В. Сорочинский, З.А. Козловская, А.П. Ермишин, А.В. Кильчевский, Н.Н. Гончарова, В.А. Козлов, Л.Н. Козлова, В.Л. Маханько, Н.В. Русецкий, Д.Д. Фицура, 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** N.N. Stefankina

**Editorial staff:** S.A. Turko, G.I. Piskun, N.N. Stefankina, S.I. Grib, L.V. Sorochinckiy, Z.A. Kozlovskaya, A.P. Ermishin, A.V. Kilchevskiy, N.N. Goncharova, 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 НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству», 2015

© Оформление. Республиканское научное унитарное предприятие «Институт системных исследований в АПК Национальной академии наук Беларуси», 2015

## СОДЕРЖАНИЕ

### Раздел 1. Селекция картофеля

<i>Гончарова Н.Н.</i> Создание высокопродуктивных инбредных линий картофеля .....	5
<i>Пискун Г.И.</i> Оценка родительских форм по передаче гибридному потомству цветной кожуры и мякоти клубней .....	19

### Раздел 2. Исходный материал

<i>Воронкова Е.В., Павлючук Н.В., Полюхович Ю.В., Гукасян О.Н., Жарич В.М., Лукаша В.И., Ермишин А.П.</i> Устойчивость к Y-вирусу, интрогрессированная в диплоидные межвидовые гибриды от <i>Solanum Stoloniferum</i> .....	27
<i>Козлов В.А.</i> Создание исходного материала картофеля, пригодного для промышленной переработки .....	40
<i>Шутинская И.А., Забавнюк Е.А.</i> Изучение сортов коллекции мирового генофонда картофеля по устойчивости к черной ножке .....	46
<i>Шутинская И.А.</i> Изучение диких видов картофеля по устойчивости к черной ножке по стеблям .....	51
<i>Чащинский А.В.</i> Использование мексиканских видов <i>S. Stoloniferum</i> и <i>S. Polytrichon</i> при создании исходного материала, устойчивого к фитофторозу .....	56

### Раздел 3. Биотехнологические методы в селекции и семеноводстве картофеля

<i>Бакакина Ю.С., Ганеева Т.А., Дубовская Л.В., Волотовский И.Д.</i> Протеомный анализ трансгенных растений картофеля, экспрессирующих гены антимикробных пептидов, для оценки их функционального состояния .....	69
<i>Яковлева Г.А., Дубинич В.Л., Родькина И.А., Семанюк Т.В., Бедунько Е.А.</i> Проявление устойчивости к ВСЛК в потомстве межвидовых соматических гибридов картофеля с не клубненосными дикими видами серии <i>Etuberosa</i> .....	78
<i>Яковлева Г.А., Яхонт Ю.В., Башко Д.В., Дубинич В.Л., Семанюк Т.В., Щурко К.А.</i> Интрогрессия генетических элементов не клубненосного вида <i>Solanum etuberosum</i> в картофель посредством соматической гибридизации .....	89

#### **Раздел 4. Иммуитет и защита растений**

<i>Бусько И.И., Леванцевич И.В., Романюк Г.П.</i> Фланобин, КС – новый фунгицид для защиты картофеля от фитофтороза и альтернариоза .....	99
<i>Леванцевич И.В., Бусько И.И., Михаленя О.Н., Манцевич Л.А.</i> Эффективность нового инсектицида Инта-Вир Двойной эффект, ТАБ в защите картофеля от колорадского жука .....	104
<i>Радкович Е.В., Гуца Г.Н.</i> Отбор белорусских изолятов Х- и Y-вируса картофеля .....	108
<i>Родькина И.А., Радкович Е.В.</i> Выявление эффективных инфекторов и накопителей МВК при производстве тест-систем для проведения ИФА .....	116
<i>Русецкий Н.В., Козлов В.А., Чащинский А.В.</i> Мониторинг <i>tobacco rattle virus, potato top-top virus</i> и <i>alfalfa mosaic virus</i> в посадках картофеля Витебской области .....	131

#### **Раздел 5. Семеноводство и технологии производства картофеля**

<i>Анципович В.В., Адамова А.И., Попкович А.И.</i> Влияние нанодобрения (Наноплант Со, Мп, Си, Фе,) на рост и развитие эксплантов картофеля в культуре <i>in vitro</i> .....	143
<i>Воробей А.С.</i> Уход за посадками топинамбура и картофеля культиватором грядовым КГ-1 .....	149
<i>Коваленко А.Л.</i> Применение различных агротехнологических приемов для улучшения семенных качеств и повышения коэффициента размножения картофеля с применением оздоровленного исходного материала в условиях северо-восточной лесостепи Украины .....	154
<i>Сидоренко Т.Н., Тихонова Л.Г.</i> Изменение биохимических показателей в клубнях картофеля от различных технологических приемов .....	161
<i>Тымко Л.В., Демкович Я.Б., Рожнятовский А.О.</i> Семенная продуктивность сортов картофеля при различных сроках удаления ботвы в условиях правобережного Полесья Украины .....	168
<i>Фицура Д.Д., Турко С.А., Пищенко Л.И., Гастило Д.С.</i> Агрофизические показатели почвы, дозы удобрений и урожайность картофеля, выращиваемого на грядах в 2 и 3 строки .....	176

#### **Раздел 6. Технология продовольственных продуктов**

<i>Литвяк В.В.</i> Особенности технологии получения полуфабриката хвороста и картофелепродукта «Хворост» .....	190
<i>Литвяк В.В.</i> Технология производства сушеного картофеля .....	199
<i>Литвяк В.В.</i> Технология получения консервированного картофеля .....	208

# РАЗДЕЛ 1

## СЕЛЕКЦИЯ КАРТОФЕЛЯ

УДК 635.21:631.527.51

**Н.Н. Гончарова**

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

### **СОЗДАНИЕ ВЫСОКОПРОДУКТИВНЫХ ИНБРЕДНЫХ ЛИНИЙ КАРТОФЕЛЯ**

#### **РЕЗЮМЕ**

*Исследования проводились в РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству» в 1986–2014 гг. За этот период на основе сортов отечественной и зарубежной селекции и межвидовых гибридов были получены стабильно высокопродуктивные линии шести инбредных поколений картофеля, которые в течение ряда лет сохраняли высокую как абсолютную (более 1200 г/куст), так и относительную (выше исходной формы) продуктивность. Большинство линий 1-го инбредного поколения были созданы на базе сортов, а линии более высоких инбредных поколений (со 2-го по 6-е) – на основе межвидовых гибридов. Установлено, что возможность создания стабильно высокопродуктивных линий в большой степени зависит от генотипа исходной формы. Среди стабильно высокопродуктивных линий выделены формы: с повышенным и высоким содержанием крахмала (102-00-12л2, 109-09-1л2, 105-00-1л3, 134-10-5л4 и 146-08-4л4), низким содержанием редуцирующих сахаров после 5 месяцев хранения (85-07-22л2, 109-09-1л2 и 146-09-4л4), отличными вкусовыми качествами (146-10-2л6 и 148-10-3л6), высокой устойчивостью к фитофторозу клубней (21-93-8л1, 36-93-11л2, 85-07-22л2, 106-00-2л2, 117-99-2л3, 121-99-1л4 и 132-10-24л4). По сочетанию максимального количества хозяйственно ценных признаков выделены линии 102-00-12л2, 36-93-11л2, 85-07-22л2, 109-09-1л2, 134-10-5л4.*

*Ключевые слова:* картофель, продуктивность, самоопыление, инбредная линия, хозяйственно ценные признаки.

#### **ВВЕДЕНИЕ**

Важнейшим этапом селекции на гетерозис является создание методом последовательного инбридинга и отбора на базе генетически разнообразного исходного материала инбредных линий с комплексом хозяйственно ценных признаков [1–3]. Достаточно высокая продуктивность является одним из основных

признаков, необходимых для таких линий [2–8]. Хотя комбинационная способность (КС) исходных линий и продуктивность их потомства от гибридизации напрямую не зависят от их продуктивности, ряд авторов указывает на целесообразность использования в селекции наиболее продуктивных форм [2,4,9], так как они обладают более высоким потенциалом. Так, урожайность потомства высокопродуктивных линий при промежуточном типе наследования может оказаться более высокой, чем при гетерозисе от гибридизации двух низко продуктивных форм, не говоря уже о возможности сверхдоминирования. Однако задача создания высокопродуктивных самоопыленных линий достаточно сложна.

Влиянию инбридинга на продуктивность инбредных линий у различных культур посвящено достаточно много работ [10–21]. Практически все авторы указывают на наличие инбредной депрессии, хотя различные признаки подвержены ей в различной степени в зависимости от генотипа исходной формы [4, 10, 21, 22]. Все это в полной мере относится и к картофелю [23–29]. В то же время инбридинг и его крайняя форма – самоопыление, помимо гомозиготизации, приводят к дифференциации генотипов [2, 3, 4, 11, 13, 23]. Наличие у картофеля вегетативного размножения позволяет выделить и зафиксировать лучшие генотипы для их последующего самоопыления и использования в селекции в качестве исходных форм. О возможности получения инбредных линий с достаточно высокой продуктивностью говорят исследования А.А. Гончаренко на озимой ржи, Л.С. Осиповой на подсолнечнике, В.А. Бычковой на сахарной свекле, М. Jackson и L. Taylor на картофеле [4, 11, 22, 23].

Учитывая все вышеизложенное, целью нашего исследования было создание высокопродуктивных линий картофеля различных инбредных поколений с комплексом хозяйственно ценных признаков.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Работа выполнялась в отделе селекции РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству» в 1986–2014 гг. Материалом для создания линий послужили 111 исходных форм картофеля: сорта отечественной и зарубежной селекции и гибриды межвидового происхождения. В результате самоопыления их и их потомства были получены и изучены линии шести инбредных поколений.

Схема селекционного процесса включала следующие этапы:

- 1) самоопыление и получение семян – 1 год;
- 2) выращивание из ботанических семян генеративного поколения в горшечной культуре и получение клубней – 1 год;
- 3) выращивание первого клубневого поколения, оценка семей от самоопыления, отбор лучших генотипов по продуктивности, форме клубней, выровненности гнезда и т. д. – 1 год;
- 4) оценка отдельных генотипов по комплексу хозяйственно ценных признаков (продуктивность, биохимические показатели, устойчивость к болезням т. д.), которая проводится согласно принятым методикам – 3–4 года.

Таким образом, один цикл работы по созданию линий составлял 6–7 лет. Далее лучшие генотипы подвергались самоопылению, и цикл повторялся для следующего инбредного поколения.

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В результате изучения потомства от самоопыления сортов, гибридов и линий различных инбредных поколений нами было установлено, что в целом продуктивность инбредного потомства снижалась по сравнению с исходным гибридным материалом, что вполне согласуется с исследованиями других авторов [30]. Однако в пределах отдельных семей от самоопыления удавалось отобрать формы с продуктивностью, близкой к исходной форме, а отдельные генотипы по продуктивности стабильно в течение ряда лет (от 4 до 17) превосходили исходный сорт или гибрид. Стабильно высокопродуктивные линии различного происхождения представлены в таблицах 1–3.

Таблица 1 – Стабильно высокопродуктивные линии, полученные на базе сортов картофеля отечественной и зарубежной селекции

Сорт, гибрид, линия	Исходная форма	Годы испытания	Продуктивность				Содержание крахмала, %
			X ср.	% к ИФ*	min	max	
Добро		1990–2004	875		624	1223	13,9
<b>21-93-8л1</b>	Добро	1994–2005	<b>1379</b>	<b>157,6</b>	1165	1956	16,0
Фантазия		2001–2004	821		680	1011	18,5
<b>71-03-4л1</b>	Фантазия	2004–2014	<b>1271</b>	<b>154,8</b>	931	1820	13,4
Бард		2004–2006	1052		889	1260	11,5
<b>154-04-1л1</b>	Бард	2005–2010	<b>1428</b>	<b>135,7</b>	1165	1862	12,3
Скарб		1998–2002	973		745	1203	12,2
<b>102-97-3л1</b>	Скарб	1998–2002	<b>1273</b>	<b>130,8</b>	937	1935	16,1
Чародей		1997–2001	1257		630	1856	14,7
<b>97-99-9л1</b>	Чародей	2000–2007	<b>1568</b>	<b>124,7</b>	1235	2085	15,5
<b>97-99-46л1</b>	Чародей	2000–2010	<b>1351</b>	<b>107,5</b>	1007	1935	15,9
Альбатрос		2006–2014	1092		709	1431	20,1
<b>113-05-6л1</b>	Альбатрос	2006–2014	<b>1262</b>	<b>115,6</b>	605	2380	16,4
Явар		1991–2003	1132		847	1489	13,0
<b>48-96-18л1</b>	Явар	1997–2014	<b>1227</b>	<b>108,4</b>	680	1667	16,9
Накра		2013–2014	1159		1036	1281	19,0
141-04-6л1	Накра	2005–2008	1062	91,6	783	1400	18,3
<b>114-09-13л2</b>	141-04-6л1	2010–2014	<b>1857</b>	<b>160,2</b>	1371	2600	13,3
<b>114-09-1л2</b>	141-04-6л1	2010–2014	<b>1316</b>	<b>113,5</b>	1100	1750	18,4
Ponto		1991–1996	915		584	1413	16,9
55-96-13л1	Ponto	1997–2003	1053	115,1	685	1380	16,7
<b>102-00-12л2</b>	55-96-13л1	2001–2014	<b>1423</b>	<b>155,5</b>	1160	1895	18,3
<b>102-00-6л2</b>	55-96-13л1	2001–2008	<b>1251</b>	<b>136,7</b>	910	2090	19,9
<b>109-03-9л3</b>	102-00-6л2	2004–2007	<b>1413</b>	<b>154,4</b>	954	1667	15,2

\*ИФ – исходная форма.

В таблице 1 показаны линии, полученные на основе сортов отечественной и зарубежной селекции. При этом были выделены линии, в течение ряда лет сохраняющие высокую продуктивность как абсолютную (более 1200 г/куст), так и относительную (выше исходной формы).

Как видно из таблицы 1, при самоопылении сортов стабильно высокопродуктивные формы (1227–1568 г/куст), превосходящие исходную форму на 7,5–57,6 %, были получены уже в первом инбредном поколении. Такие линии были выведены при самоопылении сортов Добро, Фантазия, Бард, Скарб, Альбатрос, Явар. Линии 2-го инбредного поколения имели продуктивность от 1251 до 1857 г/куст, превосходили исходные формы на 13,5–60,2 % и были получены на основе сортов Накра и Ponto. При дальнейшем самоопылении высокопродуктивной линии 2-го инбредного поколения 102-00-6л2, полученной на основе сорта Ponto, была создана линия 3-го инбредного поколения 109-03-9л3, превосходящая исходный сорт на 54,4 %.

По содержанию крахмала у инбредных линий наблюдалось три типа реакции. Содержание крахмала оставалось на уровне исходной формы (сорт Бард и линия 154-04-1л1; сорт Чародей и линии 97-99-9л1 и 97-99-46л1; сорт Накра и линия 114-09-1л2; сорт Ponto и линия 109-03-9л3). Содержание крахмала снижалось по сравнению с исходной формой (сорт Фантазия и линия 71-03-4л1; сорт Альбатрос и линия 113-05-6л1; сорт Накра и линия 114-09-13л2). И, наконец, содержание крахмала у инбредных линий повышалось по сравнению с исходной формой (сорт Добро и линия 21-93-8л1; сорт Скарб и линия 102-97-3л1; сорт Явар и линия 48-96-18л1; сорт Ponto и линии 102-00-12л2 и 102-00-6л2). При этом следует отметить, что снижение содержания крахмала наблюдалось в основном у линий, полученных от самоопыления крахмалистых форм (сорта Фантазия, Альбатрос, Накра), а повышение – при самоопылении низкокрахмалистых родителей (Добро, Скарб, Явар).

В таблице 2 представлены линии, созданные на основе многовидовых гибридов 90.35с-394 и ХУ-13 и демиссоидов: 49-88-15, 2-93-20, 21-89-10, 23-89-24, 26-90-28. При самоопылении вышеперечисленных форм были получены стабильно высокопродуктивные гибриды 4-х инбредных поколений.

Линии 1-го инбредного поколения 118-97-4л1, 88-01-6л1 испытывались в течение 17 и 9 лет, имели за этот период среднюю продуктивность 1292 и 1450 г/куст и превосходили исходные формы на 23,2 и 45,0 %. Исходными формами для них послужили демиссоид 49-88-15 и многовидовой гибриды 90.35с-394.

Линия 87-01-2л1 также была достаточно продуктивной (1234 г/куст), превосходила исходную форму на 13,1 %, однако испытывалась в течение всего 3 лет, а затем была забракована по причинам, не связанным с продуктивностью, поэтому к стабильно высокопродуктивным мы ее не относим. Однако при ее самоопылении была получена линия 2-го инбредного поколения 148-05-8л2, средняя продуктивность которой при испытании в течение 9 лет составила 1523 г/куст, или 139,6 % к исходной форме – межвидовому гибриду ХУ-13. При самоопылении высокопродуктивной линии 118-97-4л1 также была выделена стабильно

РАЗДЕЛ 1. СЕЛЕКЦИЯ КАРТОФЕЛЯ

Таблица 2 – Стабильно высокопродуктивные линии, полученные на базе межвидовых гибридов картофеля

Сорт, гибрид, линия	Исходная форма	Годы испытания	Продуктивность				Содержание крахмала X ср.
			X ср.	% к ИФ	min	max	
90.35с-394		1997–2000	1000		742	1138	14,4
<b>88-01-6л1</b>	90.35с-394	2003–2011	<b>1450</b>	<b>145,0</b>	1051	2109	15,4
XY.13		1998–2002	1091		491	1289	18,8
87-01-2л1	XY.13	2002–2004	1234	113,1	1111	1475	18,9
<b>148-05-8л2</b>	87-01-2л1	2006–2014	<b>1523</b>	<b>139,6</b>	930	2130	14,9
49-88-15	13-83-2 × Кондор	1990–1996	1049		680	1385	18,5
<b>118-97-4л1</b>	49-89-15	1998–2014	<b>1292</b>	<b>123,2</b>	800	2390	16,8
<b>109-09-1л2</b>	118-97-4л1	2010–2014	<b>1368</b>	<b>130,4</b>	815	2880	20,4
2-93-20	Явар × 25-86-34	1994–1997	1064		809	1905	13,8
80-00-1л1	2-93-20	2001–2006	1125	105,7	865	1333	19,0
<b>85-07-22л2</b>	80-00-1л1	2008–2014	<b>1298</b>	<b>122,0</b>	820	1980	17,0
21-89-10	45-84-1 × Белорусский 3	1990–1991	1157		713	1600	17,0
41-92-4л1	21-89-10	1993–2000	802	69,3	476	1124	19,0
76-96-24л2	41-92-4л1	1997–2002	1166	100,8	860	1530	17,6
<b>109-01-12л3</b>	76-96-24л2	2002–2007	<b>1339</b>	<b>115,7</b>	1100	1723	16,8
23-89-24	20-83-35 × Белорусский 3	1990–1992	813		580	1110	16,7
42-92-6л1	23-89-24	1993–2001	974	119,8	689	1183	17,3
70-96-2л2	42-92-6л1	1997–2002	893	109,8	782	1189	15,5
<b>106-00-2л3</b>	70-96-2л2	2001–2006	<b>1447</b>	<b>178,0</b>	1048	2980	16,7
26-90-28	1-84-15 × 20-83-35	1191–1992	1020		700	1340	13,8
75-94-43л1	26-89-28	1995–2004	934	91,6	687	1400	18,9
<b>114-99-2л2</b>	75-94-43л1	2000–2010	<b>1250</b>	<b>122,5</b>	960	1620	18,2
182-04-5л3	114-99-2л2	2005–2006	<b>1435</b>	140,7	1070	1700	16,1
<b>146-08-4л4</b>	182-04-5л3	2009–2014	<b>1298</b>	<b>127,3</b>	1027	1583	20,8

высокопродуктивная линия 2-го инбредного поколения 109-09-1л2, которая испытывалась в течение 5 лет и показала среднюю продуктивность 1368 г/куст, или 130,4 % к исходной форме. Помимо этого данная линия имеет высокое содержание крахмала (20,4 %) в среднем за 5 лет.

Еще две линии 2-го инбредного поколения 85-07-22л2 и 114-99-2л2, полученные на основе демиссоидных гибридов 2-93-20 и 26-90-28, имели продуктивность 1298 и 1250 г/куст и превосходили исходные формы на 22,0 и 22,5 %. При самоопылении линии 114-99-2л2 в 3-м поколении была выделена высокопродуктивная линия 182-04-4л3, которая испытывалась всего 2 года. А через поколение была получена стабильно высокопродуктивная форма 4-го инбредного поколения 146-08-4л4, имеющая продуктивность 1298 г/куст в среднем за 6 лет испытания и превосходящая исходную форму на 27,3 %.

И, наконец, на основе гибридов 21-89-10 и 23-89-24 были получены линии 3-го инбредного поколения 109-01-12л3 и 106-00-2л3 с продуктивностью 1339 и 1447 г/куст. Причем линия 106-00-2л3 превосходила исходную форму – гибрид 23-89-24 – на 78,0 %.

В отношении содержания крахмала можно отметить те же типы реакции, что и для линий, созданных на базе сортов. В трех случаях содержание крахмала у линий оставалось на уровне исходного гибрида (90.35с-394 и 88-01-6л1, 21-89-10 и 109-01-12л3, 23-89-24 и 106-00-2л3), в двух – снижалось (ХУ-13 и 148-05-8л2, 49-89-15 и 118-97-4л1), а в остальных – повышалось (49-89-15 и 109-09-1л2, 2-93-20 и 85-07-22л2, 26-90-28 и линии 114-99-2л2 и 146-08-4л4). Причем можно отметить, что гибрид 49-89-15 имел повышенное содержание крахмала, а полученная на его основе линия 109-09-1л2 – высокое.

В таблице 3 представлены стабильно высокопродуктивные линии, созданные на основе демиссоидного гибрида 51-81-2, семена от самоопыления которого были получены в 1986 г.

Необходимо отметить, что сам этот гибрид также был достаточно высокопродуктивен (1241 г/куст за 5 лет испытания). По комплексу хозяйственно ценных признаков из этой семьи была отобрана линия 1-го инбредного поколения 113-87-5л1, отличавшаяся средней, но очень стабильной продуктивностью. Ее колебания за 4 года испытания составили всего 47 г (от 1000 до 1047 г/куст). В результате последовательного самоопыления линий, отобранных из ее потомства, были выведены стабильно высокопродуктивные линии 6-ти инбредных поколений.

В 1994 г. были получены семена от самоопыления комбинации 36-93л2, которая в это время находилась в питомнике 1-й клубневой репродукции. Было проведено самоопыление растений, принадлежащих данной комбинации, а полученные семена объединены. Из данной семьи было выделено две высокопродуктивных линии 3-го инбредного поколения – 81-95-16л3 и 81-95-7л3.

Линия 81-95-7л3 оказалась весьма продуктивной (1654 г/куст). Кроме того, в ее потомстве были получены стабильно высокопродуктивные линии 4-го и 5-го инбредных поколений 121-99-1л4 и 193-04-2л5 с продуктивностью 1440 и 1442 г/куст в среднем за 6 лет испытания.

Линия 81-95-16л3 показала среднюю продуктивность 1350 г/куст за 13 лет испытания. В ее потомстве были выделены линии 195-04-1л5 и 148-10-3л6 5-го и 6-го инбредных поколений, которые показали продуктивность 1366 г/куст в среднем за 5 лет испытания и 1480 г/куст за 4 года соответственно.

Из комбинации 36-93л2 было выделено 3 линии 2-го инбредного поколения 36-93-5л2, 36-93-11л2 и 36-93-15л2, которые дали начало линиям 3–6 инбредных поколений. Причем линия 36-93-11л2 сама оказалась стабильно высокопродуктивной (средняя продуктивность за 5 лет испытания составила 1298 г/куст).

От самоопыления линии 36-93-15л2 была получена линия 3-го инбредного поколения 105-00-11л3 с продуктивностью 1432 г/куст в среднем за 9 лет испытания, или 115,9 % к исходной форме.

РАЗДЕЛ 1. СЕЛЕКЦИЯ КАРТОФЕЛЯ

Таблица 3 – Линии различных инбредных поколений, полученные от самоопыления гибрида 51-81-2

Сорт, гибрид, линия	Исходная форма	Годы испытания	Продуктивность				Содержание крахмала, %
			Х ср.	% к ИФ	min	max	
51-81-2	10-74-18 × 44-74-3	1982–1986	1236		1036	1500	20,3
113-87-5л1	51-81-2	1988–1991	1012	81,9	1000	1047	17,1
<i>Потомство линий от самоопыления комбинации 36-93л2</i>							
36-93л2	113-87-5л1	1994	783		400	1405	15,8
<b>81-95-7л3</b>	36-93л2	1996–2003	<b>1654</b>	<b>133,8</b>	908	2683	19,0
<b>121-99-1л4</b>	81-95-7л3	2000–2006	<b>1440</b>	<b>116,5</b>	960	1990	15,8
<b>193-04-2л5</b>	121-99-1л4	2005–2010	<b>1442</b>	<b>116,7</b>	1255	1615	14,8
<b>81-95-16л3</b>	36-93л2	1996–2008	<b>1350</b>	<b>109,2</b>	1160	1742	15,8
122-99-11л4	81-95-16л3	2000–2003	1059	85,7	867	1292	15,9
<b>195-04-1л5</b>	122-99-11л4	2005–2009	<b>1366</b>	<b>110,5</b>	1160	1435	15,1
<b>148-10-3л6</b>	195-04-1л5	2011–2014	<b>1480</b>	<b>119,7</b>	906	1913	15,1
<i>Потомство линии 36-93-15л2</i>							
36-93-15л2	113-87-5л1	1994–1998	1077	87,1	928	1700	14,4
<b>105-00-11л3</b>	36-93-15л2	2001–2009	<b>1432</b>	<b>115,9</b>	1140	1770	19,3
<i>Потомство линии 36-93-5л2</i>							
36-93-5л2	113-87-5л1	1994–1998	1014	82,0	805	1200	14,3
<b>104-00-14л3</b>	36-93-5л2	2001–2008	<b>1243</b>	<b>100,6</b>	909	1650	14,6
<b>117-99-2л3</b>	36-93-5л2	2000–2005	<b>1439</b>	<b>116,4</b>	1208	1898	15,8
<b>132-10-24л4</b>	117-99-2л3	2011–2014	<b>1444</b>	<b>116,8</b>	1320	1600	16,6
104-00-85л3	36-93-5л3	2001–2006	1108	89,6	925	1278	17,9
<b>134-10-5л4</b>	104-00-85л3	2011–2014	<b>1437</b>	<b>116,3</b>	1036	1767	18,1
104-00-84л3	36-93-5л2	2001–2006	1153	93,3	860	1415	19,0
<b>133-10-6л4</b>	104-00-84л3	2011–2014	<b>1350</b>	<b>109,2</b>	1000	1808	16,4
<i>Потомство линии 36-93-11л2</i>							
<b>36-93-11л2</b>	113-87-5л1	1994–1998	<b>1298</b>	<b>105,0</b>	900	1495	16,3
151-97-10л3	36-93-11л2	1998–1999	1017	82,3	733	1300	15,3
<b>111-00-5л4</b>	151-97-10л3	2001–2013	<b>1264</b>	<b>102,3</b>	847	1700	17,7
<b>142-10-4л5</b>	111-00-5л4	2011–2014	<b>1521</b>	<b>123,1</b>	1240	1793	15,3
<b>142-10-7л5</b>	111-00-5л4	2011–2014	<b>1413</b>	<b>114,3</b>	1160	1708	17,2
<b>149-08-9л5</b>	111-00-5л4	2009–2014	<b>1363</b>	<b>110,3</b>	938	1906	17,2
198-04-16л5	111-00-5л4	2005–2009	1192	96,4	865	1545	17,1
<b>146-10-2л6</b>	198-04-16л5	2011–2014	<b>1299</b>	<b>105,1</b>	895	1867	14,5

Достаточно много стабильно высокопродуктивных линий было создано на основе линии 36-93-5л2. Это линии 3-го инбредного поколения 104-00-14л3 и 117-99-2л3 с продуктивностью 1243 и 1439 г/куст соответственно в среднем за 8 и 6 лет испытания и линии 4-го инбредного поколения 132-10-24л4 и 133-10-6л4 с продуктивностью 1444 и 1350 г/куст в среднем за 5 лет испытания.

На основе линии 36-93-11л2 были получены стабильно высоко продуктивные линии 4-го, 5-го и 6-го инбредных поколений. Линия 4-го инбредного поколения 111-00-5л4 имела продуктивность 1264 г/куст и была по этому признаку приблизительно на уровне исходной формы (102,3 %). Линии 142-10-4л5, 142-10-7л5 и 149-08-10л5 5-го инбредного поколения имели продуктивность 1521, 1413 и 1363 г/куст соответственно и превосходили исходный гибрид на 23,1, 14,3 и 10,3 % за 4 и 6 лет испытания. Линия 6-го инбредного поколения 146-10-2л6 имела продуктивность несколько ниже (1299 г/куст), однако также превосходила по этому признаку исходную форму.

Анализируя происхождение стабильно высокопродуктивных линий, можно отметить, что большинство линий 1-го инбредного поколения были получены на базе сортов, то есть таких гибридных форм, которые уже были ранее выделены по стабильной продуктивности и комплексу хозяйственно ценных признаков. На основе гибридов были созданы линии более высоких инбредных поколений (со 2-го по 6-е). При этом предшественниками достаточно большого количества линий высоких инбредных поколений стали также стабильно высокопродуктивные линии. Однако часто продуктивность предшествующих линий не была слишком высокой, хотя в подавляющем большинстве случаев и не опускалась ниже 1000 г/куст.

В то же время из 111 исходных форм, на которых первоначально было проведено самоопыление, стабильно высокопродуктивные линии были получены лишь на небольшом их количестве.

Анализ происхождения исходных форм, от которых были выделены стабильно высокопродуктивные линии, показал, что все они являются межвидовыми гибридами. Сорта Ponto, Чародей и Альбатрос являются многовидовыми гибридами так же как и гибрид 90.35с-394 [31,32, 33, 34]. Одной из родительских форм сортов Добро, Скарб и Фантазия являются гибриды немецкого происхождения [37–39]. Сорта Накра и Явар в качестве опылителей имеют демиссоиды [35,36,38]. Также демиссоидами являются все исходные гибриды.

Гибрид 2-93-20 в качестве одного из родителей имел сорт Явар, при самоопылении которого была получена высокопродуктивная линия 1-го инбредного поколения. Гибриды 21-89-10 и 23-89-24, как и сорт Фантазия, происходили по мужской линии от сорта Белорусский 3. Гибриды 23-89-24 и 26-90-28 имели в качестве одного из родителей демиссоидный гибрид 20-83-35.

В родословной сорта Явар, гибридов 90.35с-394 и 25-86-34 присутствует сорт Гранола [34,38], а гибридов 21-89-10, 23-89-24 и 26-90-28 – сорт Соната, с участием которого возможно получение высокопродуктивного и даже гетерозисного по этому признаку потомства [40].

Таким образом, можно сделать вывод, что возможность создания стабильно высокопродуктивных линий в большой степени зависит от генотипа исходной формы.

Поскольку для эффективного использования линии в качестве родительской формы в селекции она помимо высокой продуктивности должна обладать комплексом других хозяйственно ценных признаков, нами проводилось комплексное их изучение. В таблице 4 представлена характеристика некоторых высокопродуктивных линий по комплексу хозяйственно ценных признаков.

Как видно из таблицы, все представленные линии устойчивы к раку картофеля и большинство – к картофельной нематоде. Линии 102-00-12л2, 109-09-1л2, 105-00-1л3, 134-10-5л4 и 146-08-4л4 характеризуются высоким и повышенным (>18,0 %) содержанием крахмала. Линии 85-07-22л2, 109-09-1л2 и 146-09-4л4 имеют очень низкое содержание редуцирующих сахаров (≤0,20 %) после 5 месяцев хранения. Линии 146-10-2л6 и 148-10-3л6 обладают отличными вкусовыми качествами (8–9 баллов). Линии 21-93-8л1, 36-93-11л2, 85-07-22л2, 106-00-2л2, 117-99-2л3, 121-99-1л4 и 132-10-24л4 характеризуются высокой (≥8 баллов) устойчивостью к фитофторозу клубней.

Таблица 4 – Характеристика некоторых стабильно высокопродуктивных инбредных линий картофеля по комплексу хозяйственно ценных признаков

Линия	Продуктивность, г/куст	Содержание, %		Вкус, балл	Устойчивость, балл			
		крахмала	редуцирующих сахаров		к фитофторозу		к раку	к золотистой картофельной нематоде
					листьев	клубней		
48-96-18л1	1227	16,9	0,40	<b>7,0</b>	<b>7,0</b>	<b>7,0</b>	+	+
21-93-8л1	1379	16,0	0,30	6,0	<b>7,6</b>	<b>8,0</b>	+	–
97-99-9л1	1568	15,5	0,35	6,5	<b>7,6</b>	<b>7,4</b>	+	+
97-99-46л1	1351	15,9	<b>0,29</b>	<b>7,7</b>	6,8	6,3	+	+
36-93-11л2	1298	16,3	<b>0,27</b>	<b>7,0</b>	<b>8,0</b>	<b>9,0</b>	+	–
102-00-12л2	1423	<b>18,3</b>	<b>0,26</b>	<b>7,0</b>	<b>7,7</b>	6,7	+	+
85-07-22л2	1298	17,0	<b>0,18</b>	<b>7,0</b>	3,0	<b>9,0</b>	+	+
114-99-2л2	1250	<b>18,2</b>	0,53	6,5	<b>7,4</b>	6,4	+	+
109-09-1л2	1368	<b>20,4</b>	<b>0,10</b>	6,3	5,0	<b>7,0</b>	+	+
105-00-11л3	1432	<b>19,3</b>	0,42	6,6	<b>7,5</b>	5,3	+	+
106-00-2л3	1447	16,7	0,35	5,8	<b>7,3</b>	<b>8,0</b>	+	+
117-99-2л3	1439	15,8	0,31	6,0	6,7	<b>8,8</b>	+	+
134-10-5л4	1437	<b>18,1</b>	0,49	<b>7,0</b>	5,0	<b>7,6</b>	+	+
121-99-1л4	1440	15,8	0,64	<b>7,0</b>	5,5	<b>8,9</b>	+	+
146-08-4л4	1298	<b>20,8</b>	<b>0,20</b>	6,3	4,0	5,1	+	+
132-10-24л4	1444	16,6	0,56	6,0	6,0	<b>8,8</b>	+	+
195-04-1л5	1366	15,1	1,12	6,5	<b>7,3</b>	5,5	+	+
146-10-2л6	1299	14,5	1,06	<b>9,0</b>	<b>8,0</b>	6,3	+	–
148-10-3л6	1480	15,1	0,89	<b>8,0</b>	5,0	2,2	+	+

По сочетанию максимального количества признаков можно выделить линии:

102-00-12л2 – сочетает высокую продуктивность, устойчивость к раку и картофельной нематоде, повышенное содержание крахмала, достаточно низкое содержание редуцирующих сахаров, хорошие вкусовые качества и относительно высокую устойчивость к фитофторозу листьев;

36-93-11л2 – сочетает высокую продуктивность, устойчивость к раку, достаточно низкое содержание редуцирующих сахаров, хорошие вкусовые качества, высокую устойчивость к фитофторозу листьев и клубней;

85-07-22л2 – сочетает высокую продуктивность, устойчивость к раку и нематоде, низкое содержание редуцирующих сахаров, хорошие вкусовые качества, высокую устойчивость к фитофторозу по клубням;

109-09-1л2 – сочетает высокую продуктивность, устойчивость к раку и нематоде, высокое содержание крахмала, низкое содержание редуцирующих сахаров, относительно высокую устойчивость к фитофторозу клубней;

134-10-5л4 – сочетает высокую продуктивность, устойчивость к раку и нематоде, повышенное содержание крахмала, хорошие вкусовые качества, относительно высокую устойчивость к фитофторозу клубней.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, работа по созданию линий позволила сделать следующие выводы:

1. Создание стабильно высокопродуктивных инбредных линий возможно. Причем сочетание самоопыления и отбора позволяет создавать высокопродуктивные линии высоких инбредных поколений (до 6-го включительно).

2. Большинство линий 1-го инбредного поколения были получены на базе сортов, то есть таких гибридных форм, которые уже были ранее выделены по стабильной продуктивности и комплексу хозяйственно ценных признаков. На основе гибридов были получены линии более высоких инбредных поколений (со 2-го по 6-е). При этом предшественниками достаточно большого количества линий высоких инбредных поколений стали также стабильно высокопродуктивные линии. Однако часто продуктивность предшествующих линий не была слишком высокой, хотя в подавляющем большинстве случаев и не опускалась ниже 1000 г/куст.

3. Возможность создания стабильно высокопродуктивных линий в большой степени зависит от генотипа исходной формы.

4. Среди стабильно высокопродуктивных линий были выделены формы: с высоким и повышенным ( $>18,0\%$ ) содержанием крахмала (102-00-12л2, 109-09-1л2, 105-00-1л3, 134-10-5л4 и 146-08-4л4), с очень низким содержанием редуцирующих сахаров ( $\leq 0,20\%$ ) после 5 месяцев хранения (85-07-22л2, 109-09-1л2 и 146-09-4л4), с отличными вкусовыми качествами (8-9 баллов) – (146-10-2л6 и 148-10-3л6), с высокой ( $\geq 8$  баллов) устойчивостью к фитофторозу клубней (21-93-8л1, 36-93-11л2, 85-07-22л2, 106-00-2л2, 117-99-2л3, 121-99-1л4 и 132-10-24л4).

5. По сочетанию максимального количества признаков выделены линии: 102-00-12л2, 36-93-11л2, 85-07-22л2, 109-09-1л2, 134-10-5л4.

#### Список литературы

1. Geiger, H.H. Breeding methods in diploid rye (*Secale cereale* L.) / H.H. Geiger // Tag. – Ber. Akad. Landwirtsch. Wiss. DDR. – Berlin, 1982. – № 198. – S. 303–332.
2. Шмальц, Х. Селекция растений / под ред. Ю.Л. Гужова; пер. с нем. Х. Шмальц. – М.: Колос, 1973. – 295 с.
3. Дубинин, Н.П. Генетика популяций и селекция / Н.П. Дубинин, Я.Л. Глембоцкий. – М.: Наука, 1967. – 591 с.
4. Гончаренко, А.А. Некоторые особенности селекции инбредных линий озимой ржи / А.А. Гончаренко, В.А. Трикозюк // Агроборник.ру. Стратегия и тактика земледелия. – Том 2 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://agrosbornik.ru/strategiya-i-taktika-zemledeliya-2/1796-nekotorye-osobennosti-selekczii-inbrednyh-linij-ozimoj-rzhi.html>. – Дата доступа: 10.06.2015 г.
5. Brusche Roggenhybriden - neue Roggensorten sind Praxisreif / Brusche // Landwirtschaftsblatt Weser, 1986. – Т. 133. – № 40. – S. 26–28.
6. Juvik, J.A. Release of six Illinois sweet corn inbreds with the sugary enhancer (se) gene / J.A. Juvik, M.A. Mikel, E.E. Carey, A.M. Rhodes // HortScience, 1983. – Т. 18. – № 6. – P. 965–966.
7. Holley, R.N. Yield potential of tropical hybrid maize derivatives / R.N. Holley, M.M. Goodman // Crop Sc, 1988. – Т. 28. – № 2. – P. 213–218.
8. Improving maize hybrids for potential yield per plant / I.S. Tokatlidis [et al.] // Maydica, 1998. – Vol. 43. – № 2. – P. 123–129.
9. The influence of inbred rye lines on crossability of the Chinese spring wheat and on the degree of development and germination of hybrid seeds // Genetica polonica, 1984. – Т. 25. – № 3. – P. 231–235.
10. Бондаренко, Л.В. Селекция инцухт-линий подсолнечника по площади листовой поверхности / Л.В. Бондаренко, Л.С. Осипова // Совершенствование приемов селекции и семеноводства полевых культур. – Харьков, 1987. – С. 67–72.
11. Осипова, Л.С. Экологическая изменчивость продолжительности вегетационного периода и продуктивности самоопыленных линий подсолнечника / Л.С. Осипова // Селекция и семеноводство, 1989. – Т. 66. – С. 38–41.
12. Панфилова, О.Н. Влияние высоты растений на продуктивность инцухт-линий кукурузы в различных погодных условиях северо-западной части Волгоградской области / О.Н. Панфилова, С.Ю. Сергеев // Кукуруза и сорго, 2005. – № 5. – С. 4–6.
13. Vasilas, B.L. Pre-anthesis defoliation effects on six corn inbreds / B.L. Vasilas, R.D. Seif // Agron. J. – 1985. – Т. 77. – № 6. – P. 631–835.
14. Антонов, В.В. Взаимосвязь некоторых признаков у сортов и инбредных линий гречихи / В.В. Антонов // Науч.-техн. бюл. – ВНИИ зернобобовых и крупяных культур, 1985. – Т. 33. – С. 38–44.

15. Nasledivanje i stepen saglasnosti duzine klipa i prinosa zrna kukuruza (*Zea mays* L.) / J. Bocanski [et al.] // *Zb.Rad./Nauc.Inst.Ratarstvo Povrtarstvo*. – Novi Sad, 1999. – Sv. 32. – S. 99–106.
16. Lee, E.A. Effect of inbreeding method and selection criteria on inbred and hybrid performance / E.A. Lee, L.W. Kannenberg // *Maydica*, 2004. – Vol. 49. – № 3. – P. 191–197.
17. Fasoula, D.A. Bridging the productivity gap between maize inbreds and hybrids by replacing gene and genome dichotomization with gene and genome integration / D.A. Fasoula, V.A. Fasoula // *Maydica*, 2005 – Vol. 50. – № 1. – P. 49–61.
18. Трикозюк, В.А. Корреляционная связь и наследуемость хозяйственно ценных признаков продуктивности у инбредных линий озимой ржи / В.А. Трикозюк // Основные итоги и приоритеты научного обеспечения АПК Евро-Северо-Востока / Зон. науч.-исслед. ин-т сел. хоз-ва Северо-Востока. – Киров, 2005. – Т. 1. – С. 125–130.
19. Трикозюк, В.А. Корреляционная связь и наследуемость хозяйственно ценных признаков продуктивности у инбредных линий озимой ржи / В.А. Трикозюк // Достижения и перспективы селекции и технологического обеспечения АПК в Нечерноземной зоне РФ / Науч.-исслед. ин-т сел. хоз-ва центр. р-нов Нечернозем. зоны. – Немчиновка, 2006. – С. 230–237.
20. Meseka, S.K. Genetic analysis of performance of maize inbred lines selected for tolerance to drought under low nitrogen / S.K. Meseka, A. Menkir, A.E.S. Ibrahim, S.O. Ajala // *Maydica*, 2006. – Vol. 51. – № 3–4. – P. 487–495.
21. Осипова, Г.М. Семенная продуктивность инбредных линий ярового рапса в диаллельных скрещиваниях / Г.М. Осипова, О.А. Познахарева // Сиб. вестн. с.-х. науки, 2012. – № 3. – С. 5–12.
22. Бычкова, В.А. Селекционно-генетическое изучение и использование инбредных линий сахарной свеклы при создании гетерозисных гибридов на фертильной основе: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.05 / В.А. Бычкова; Всероссийский НИИ растениеводства им. Н. И. Вавилова. – СПб., 1993. – 22 с.
23. Jackson, M. Inbreeding and True Potato Seed Production / M. Jackson, L. Taylor // *Innovative methods*, 1985. – P. 169–180.
24. Pawelczak, A. Chow wsobny ziemniakow na poziomie diploidalnym / A. Pawelczak *Biul. Inst. Hodowli Aklimat. Rosl*, 1991. – Т. 177. – S. 47–56.
25. Поправко, Н.И. Изучение расщепления в самоопыляемых и гибридных потомствах с целью выделения хозяйственно ценных популяций для культуры картофеля семенами / Н.И. Поправко // *Вопр. картофелеводства*. – М., 2001. – С. 146–151.
26. Haynes, K.G. Some aspects of inbreeding in haploids of tetraploid *Solanum tuberosum* L. / K.G. Haynes // *Am.Potato J*, 1993. – Vol. 70. – № 4. – P. 339–344.
27. Гаджиев, Н.М. Создание высокопродуктивных сортов картофеля нового поколения на основе получения многовидовых гибридов и широкого использования инцухта / Н.М. Гаджиев, В.А. Лебедева // *Картофелеводство / Всерос. науч.-исслед. ин-т картоф. хоз-ва им. А. Г. Лорха*. – М., 2009. – С. 104–107.

28. Toward the development of highly homozygous diploid potato lines using the self-compatibility controlling *Sli* gene / С. Phumichai [et al.] // *Genome*. – Ottawa, 2005. – Vol. 48. – № 6. – P. 977–984.
29. Лебедева, В.А. Как повысить эффективность селекционного процесса / В.А. Лебедева, Н.М. Гаджиев // *Картофель и овощи*, 2008. – № 5. – С. 23.
30. Гончарова, Н.Н. Влияние инбридинга на количественные признаки картофеля / Н.Н. Гончарова // *Картофелеводство: сб. науч. тр. / РУП «Науч.-практ. центр НАН Беларуси по картофелеводству и плодородию»*, гл. ред. В.Г. Иванюк. – Минск, 2008. – Т. 14. – С. 153–165.
31. Росс, Х. Селекция картофеля – проблемы и перспективы / Х. Росс // пер. с англ. В.А. Лебедева; под ред. И.М. Яшиной. – М.: Агропромиздат, 1989. – 183 с.
32. ФБГНУ «Ленинградский НИИСХ Белогорка» [Электронный ресурс]. Сорт картофеля Чародей. – Режим доступа: <http://www.lniish.ru/sorts/potatos/charodey.html>. – Дата доступа: 16.07.2015г.
33. Whitworth, J.L. Characterization of Broad Spectrum Potato Virus Y Resistance in a *Solanum tuberosum* ssp. *Andigena* - Derived Population and Select Breeding Clones Using Molecular Markers, Grafting, and Field Inoculations / J.L. Whitworth, R.G. Novy, D.G. Hall, J.M. Crosslin, C.R. Brown // *Am. J. Pot. Res.*, – 2009. – Vol. 86. – P. 286–296.
34. The European Cultivated Potato Database [Электронный ресурс]: LT-8. – Режим доступа: [http://www.europotato.org/display\\_description.php?variety\\_name=LT%208](http://www.europotato.org/display_description.php?variety_name=LT%208). – Дата доступа: 26.07.2015г.
35. Все о картофеле [Электронный ресурс]. Новейшие сорта картофеля. Режим доступа: <http://www.pro-kartofel.info/id/916>. – Дата доступа: 16.07.2015 г.
36. Антощенко, Ф.Е. Оценка и подбор исходных форм при селекции сортов картофеля универсального назначения с комплексной устойчивостью к болезням и вредителям: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.05 / Ф.Е. Антощенко; Всероссийский НИИ картофельного хозяйства им. А.Г. Лорха. – Брянск, 2006. – 133 с.
37. Среднеранние сорта картофеля [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://kartoha.com.ua/78/>. – Дата доступа: 16.07.2015г.
38. Колядко, И.И. Сорта картофеля белорусской селекции: каталог / И.И. Колядко [и др.] / под ред. С.А. Банадысева; БелНИИК. – Самохваловичи, 2001. – 36 с.
39. «Белые Росы» Элитное фермерское хозяйство [Электронный ресурс]. Сорта картофеля: среднеранние. – Режим доступа: <http://bilirosoy.com.ua/potato.php>. – Дата доступа: 16.07.2015 г.
40. Гончарова, Н.Н. Селекционная ценность инбредных линий картофеля / Н.Н. Гончарова, А.И. Войтехович // *Изв. Нац. акад. наук Беларуси. Сер. аграр. наук*. – Минск: Беларуская навука, 2006. – № 3. – С. 37–40.

Поступила в редакцию 06.11.2015 г.

N.N. GONCHAROVA

**CREATION OF HIGHLY PRODUCTIVE INBRED POTATO LINES****SUMMARY**

*The researches were conducted in RUE «The Scientific and Practical Center of NAS of Belarus for Potato, Vegetable and Fruit Growing» in 1986–2014. During that period based on the domestic and foreign selection varieties and interspecific hybrids consistently high-yielding line six inbred generations of potato were obtained which for years remained high as the absolute (more than 1200 g/bush) and relative (above the original form) productivity. The majority of lines of the 1st inbred generation were created on the grades basis but the lines of higher inbred generations (from the 2nd to the 6th) – on the basis of interspecific hybrids. It is established that creation possibility of steadily highly productive lines in big degree depends on the genotype of the initial form. From steadily highly productive lines the following forms are distinguished: with the raised and high starch content (102-00-1212, 109-09-112, 105-00-113, 134-10-514 and 146-08-414), low reducing sugar content after 5 storage months (85-07-2212, 109-09-112 and 146-09-414), excellent tastes (146-10-2лб and 148-10-316), high resistance to tuber buck eye rot (21-93-811, 36-93-1112, 85-07-2212, 106-00-212, 117-99-213, 121-99-114 and 132-10-2414). The combination of the maximum economic quantity of valuable signs allocates the following lines: 102-00-1212, 36-93-1112, 85-07-2212, 109-09-112, 134-10-514.*

*Key words:* potato, productivity, self-pollination, inbred line, agronomic characters.

УДК 635.21:631.527.5:524.301

**Г.И. Пискун**

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

E-mail: breeding@belbulba.by

## **ОЦЕНКА РОДИТЕЛЬСКИХ ФОРМ ПО ПЕРЕДАЧЕ ГИБРИДНОМУ ПОТОМСТВУ ЦВЕТНОЙ КОЖУРЫ И МЯКОТИ КЛУБНЕЙ**

### **РЕЗЮМЕ**

*Дана оценка родительским формам с цветной кожурой и мякотью по передаче данных признаков потомству. Выделены перспективные межвидовые гибриды и сорта, а также гибридные комбинации для получения селекционного материала с красной и фиолетовой кожурой и цветной мякотью клубня.*

*Ключевые слова:* картофель, клубень, цвет, кожура, мякоть, комбинации, родительские формы.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Картофель традиционно основной пищевой продукт для населения нашей республики и, естественно, от его качественных характеристик зависит уровень полноценного питания человека. Следует отметить, что в клубнях в разных количествах содержатся все необходимые для организма людей макро- и микроэлементы, витамины. Особенно богат картофель витамином С, содержание которого в зависимости от сорта и условий выращивания может колебаться от 10 до 40 мг/кг сырой массы. Потребляя ежедневно 300 г данного продукта, можно на 70 % удовлетворить его суточную потребность, а также на 36,0; 20,0 и 8,0 % соответственно в витаминах В<sub>6</sub>, В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub> и 16 % – в пантотеновой кислоте, а также минеральных веществах: калии – 45 %, магнии – до 30, фосфоре – 25, меди, железе, марганце – 20 %. Белок картофеля – ценный продукт питания человека, поскольку содержит все незаменимые аминокислоты, по составу фракций которых приближается к белку куриного яйца, а по биологической ценности превышает все культурные растения [1].

Одна из основных причин неполноценности питания людей – недостаточное потребление антиоксидантов, которые являются неотъемлемой частью здорового образа жизни человека. Основное достоинство данных веществ в том, что они способны блокировать вредное действие на организм свободных радикалов, вызывающих окислительный процесс, и благодаря этому свойству защищают людей от многих опасных болезней [2]. В картофеле антиоксиданты представлены в основном полифенолами, витамином С и органическими кислотами. В состав полифенолов входят натуральные пигменты: **антоцианины и каротиноиды.**

Первые окрашивают кожуру и мякоть клубней в красный, синий и фиолетовый цвет, вторые – в желтый и красный. Количество антоцианинов в клубнях с красной мякотью составляет 19,6–37,8 % и фиолетовой – 17,0–20,1 %, что равнозначно наличию их в белокочанной капусте и землянике. Каротиноиды наиболее интенсивно накапливаются (до 750 мг/на 100 г сырой массы) в сортах с ярко-желтой мякотью, что до десяти раз выше по сравнению с белой [1].

Кроме антиоксидантных свойств, клубни картофеля с красной и фиолетовой мякотью оцениваются как потенциальные источники для естественного красителя, который можно использовать взамен не всегда безопасных синтетических при производстве различных соков.

В состав антоцианина входит также пеларгодин, *p*-кумариновая кислота, составляющая главную его часть (приблизительно 70 %).

Таким образом, картофель, богатый антоцианами, может способствовать появлению новых продуктов на рынке продовольствия, а следовательно, новой отрасли, деятельность которой может быть направлена на улучшение здоровья человека. Потребитель такого продукта может извлечь двойную выгоду: здоровая и недорогая пища, улучшение здоровья с минимальными затратами за счет природного продукта. Картофельные блюда будущего могли бы быть еще привлекательнее для использования в лечебных целях и более колоритными, если селекционеры будут использовать в качестве исходного материала разнообразие южноамериканских культурных видов картофеля.

Следует отметить, что уже теперь цветные клубни в США широко используются для изготовления различных продуктов; чипсов, картофеля фри, салатов, которые пользуются большим спросом [5]. Высокая биологическая ценность цветного картофеля предопределила интерес к выведению сортов данного направления. Более десяти таких сортов выведены и возделываются в странах Европы. В начале XXI в. начаты подобные исследования в республиках бывшего Союза – России, Украине, Казахстане. Тем более, что генетические ресурсы позволяют успешно это делать, поскольку, благодаря планомерной работе во Всероссийском институте растениеводства им Н.И. Вавилова, сформирована достаточно обширная коллекция форм с различной цветовой гаммой клубней. Практический результат проведенной работы – создание в России сортов Сирень и Фиолетовый с ярко окрашенной (пурпурной) мякотью клубней [3, 4].

В Беларуси подобные исследования проводятся около семи лет. Благодаря творческому сотрудничеству со Всероссийским институтом растениеводства им. Н.И. Вавилова, другими научными учреждениями, в лаборатории исходного материала нашего Центра сформирована коллекция форм и созданы хозяйственно ценные образцы с различной цветовой гаммой, использование которых в селекционных программах позволило выделить селекционный материал с цветными клубнями с хорошими хозяйственно ценными показателями. Выделившиеся гибриды в настоящее время изучаются в питомнике предварительного и конкурсного испытания.

Поэтому использование сортов картофеля, обладающих высокой биологической ценностью и содержанием антиоксидантов позволяет, учитывая рацион белорусов и доступность этого продукта для всех слоев населения, эффективно решать проблему здорового питания в нашей республике. Следовательно, развитию данного направления селекции необходимо уделять соответствующее внимание.

## 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 и сорт Purple valley. Все они с фиолетовой окраской кожуры и мякоти. Опылителями были селекционные образцы 8662-3, 8662-13, 8662-17, 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 12 комбинаций. Анализируемые образцы выращивали в питомниках семян 1-го года в горшках и 1-го 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 (КС1) – 5,0–6,2;  $K_2O$  – 243–315;  $P_2O_5$  – 284–468 мг/кг; содержание гумуса – 1,82–2,11 %. В питомнике семян 1-го года анализировали все клубни, а в питомнике 1-го клубневого поколения при уборке в каждой комбинации отбирали без браковки по 50 клонов, которые оценивали по цвету кожуры и мякоти.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Анализ полученных данных показывает, что расщепление гибридного потомства по цвету кожуры характеризовалось широким вариационным рядом (табл. 1).

Во всех гибридных комбинациях выделены гибриды от кремовой и желтой до красной и фиолетовой окраски. Встречались также образцы с комбинированным тоном: красно-фиолетовые, желто-красные, желто-фиолетовые. Поскольку в скрещиваниях материнские формы были фиолетового, а отцовские интенсивно красного цвета, то и в их потомстве преобладали формы с такой гаммой. Причем количество их зависело от комбинационной способности как материнских, так и отцовских форм. Так, наибольшее количество таких гибридов (81,2 %) выделено в комбинациях с материнской формой 206.53-12, при этом число как с фиолетовой, так и красной кожурой было приблизительно равным. В других скрещиваниях преобладал фиолетовый цвет кожуры. Наибольшее количество таких образцов (46,7 %) отмечено в комбинациях, где материнской формой был гибрид 206.53-2. Аналогичное заключение можно сделать по опылителям. Наибольшее количество гибридов с красным и фиолетовым цветом поверхности клубня выделили в скрещиваниях с сортом Вектар и Родрига 82,3 и 82,0 % соответственно. Меньше получено таких образцов (18–68 %) в комбинациях, в которых опылителями

Таблица 1 – Распределение гибридов картофеля по окраске кожуры (1-е клубневое поколение), 2015 г.

№ по каталогу	Происхождение	Родители		Доля образцов по цвету кожуры, %						
		♀	♂	фиолетовая	красно-фиолетовая	желтая	красная	кремовая	желто-красная	
9063	206.53-12 × Вектар	Фиолетовый	Частично красный	40,7	11,1	–	44,4	–	3,7 (ж-ф)*	
9075	206.53-12 × 8662-13	Фиолетовый	Интенсивно красный с бордовым оттенком	38	8	8	34	6	6	
9037	206.53-12 × Родрига	Фиолетовый	Ярко-красный	42	6	4	46	2	–	
9074	Purle valley × 8662-13	Фиолетовый	Интенсивно красный с бордовым оттенком	36	2	18	28	16	–	
9082	Purle valley × 8662-3	Фиолетовый	Интенсивно красный	44,2	–	16,4	18,6	16,5	4,1	
9061	Purle valley × Вектар	Фиолетовый	Частично красный	42	2	6	36	14	–	
9071	206.180-4 × 8403-2	Фиолетовый	Интенсивно красный	34	12	18	24	12	–	
9065	206180-4 × Вектар	Фиолетовый	Частично красный	54,3	2,2	2,2	30,4	10,9	–	
9072	206.53-2 × 8662-3	Фиолетовый	Интенсивно красный	44	6	6	30	14	–	
9062	206.53-2 × Вектар	Фиолетовый	Частично красный	52	12	2	32	–	2	
9040	206.53-2 × Родрига	Фиолетовый	Ярко-красный	44	–	4	42	10	–	

\*ж-ф – желто-фиолетовая.

были гибриды 8403-2 и 8662-3. Характер проявления цветной окраски кожуры в значительной степени зависит и от специфической комбинационной способности. Перспективными по отбору форм с фиолетовой поверхностью клубней (более 50 %) были комбинации 206.180-4 × Вектар, 206.53-2 × Вектар. Достаточно много красноклубневых гибридов (более 40 %) выделено в скрещиваниях 206.53-12 × Вектар и 206.53-12 × Родрига.

Сопоставление результатов по проявлению цвета кожуры, полученных при изучении одного и того же гибридного потомства в питомниках семян 1-го года и 1-го клубневого поколения показывает, что они в основном сопоставимы (табл. 1, 2).

В исследуемых комбинациях наблюдалось значительное расщепление потомства по окраске мякоти (табл. 3). Это дает основание полагать, что отбор по данному признаку можно проводить в первичных питомниках.

Наряду с преобладающим у родителей фиолетовым и желтым цветом выделены образцы с белой и кремовой окраской. При этом в отдельных скрещиваниях количество их было довольно существенным (до 20 %). Количество гибридов

Таблица 2 – Распределение гибридов картофеля по окраске кожуры (питомник семян 1-го года), 2014 г.

№ по каталогу	Происхождение	Родители		Доля образцов по цвету кожуры, %		
		☒	☒	желтая	фиолетовая	красная
9075	206.53-12 × 8662-13	Фиолетовый	Интенсивно красный с бордовым оттенком	12,7	43,4	43,9
9074	Purle valley × 8662-13	Фиолетовый	Интенсивно красный с бордовым оттенком	35,7	35,1	28,6
9073	Фурдыго × 8662-3	Фиолетовый	Интенсивно красный	27,4	40,9	31,7
9082	Purle valley × 8662-3	Фиолетовый	Интенсивно красный	33,8	45,1	20,7
9071	206.80-4 × 8403-2	Фиолетовый	Интенсивно красный с бордовым оттенком	34,1	36,4	28,9
9072	206.53-2 × 8662-3	Фиолетовый	Интенсивно красный	13,6	56,7	9,6
9063	206.53-12 × Вектар	Фиолетовый	Частично красный	2,6	56,4	41,0
9061	Purle valley × Вектар	Фиолетовый	Частично красный	30,4	37,8	31,8
9065	206.84 × Вектар	Фиолетовый	Частично красный	16,7	31,6	51,4
9062	206.53-2 × Вектар	Фиолетовый	Частично красный	16,3	45,4	38,3

Таблица 3 – Распределение гибридов картофеля по окраске мякоти (1-е клубневое поколение), 2015 г.

№ по каталогу	Происхождение	Родители		Доля образцов по цвету мякоти, %							
		♀	♂	частично фиолетовая	фиолетовая, 2/3 клубня	фиолетовая	светло-розовая	желтая	кремовая	белая	красная
9075	206.53-12 × 8662-13	Фиолетовая	Светло-желтая	16	12	–	20	32	2,0	16	2,0
9037	206.53-12 × Родрига	Фиолетовая	Кремовая	18	12	–	26	42	2	–	–
9063	206.53-12 × Вектар	Фиолетовая	Светло-желтая	14,8	11,1	3,7	22	25,9	7,4	14,8	–
9074	Purle valley × 8662-13	Фиолетовая	Светло-желтая	6	20	–	18	32	8	16	–
9082	Purle valley × 8662-3	Фиолетовая	Желтая	20,4	12,2	–	6,1	44,9	14,3	2,0	–
9061	Purle valley × Вектар	Фиолетовая	Светло-желтая	4	10	6	18	34	20	6	–
9072	206.53-2 × 8662-3	Фиолетовая	Желтая	14	8	–	18	44	12	4	–
9062	206.53-2 × Вектар	Фиолетовая	Светло-желтая	16	28	–	14	40	2	–	–
9040	206.53-2 × Родрига	Фиолетовая	Кремовая	20	16	–	8	56	–	–	–
9071	206.180-4 × 8403-2	Фиолетовая	Желтая	10	18	–	4	46	18	4	–
9065	206180-4 × Вектар	Фиолетовая	Светло-желтая	15,2	–	6,5	15,2	39,1	23,9	–	–

как с фиолетовым, так и желтым цветом мякоти определялось комбинационной способностью исходных форм. Относительно большое число форм (29,2–34 %) с фиолетовой окраской выделено в комбинациях, в которых в качестве материнской формы использовали межвидовые гибриды 206.53-2 и 206.53-12. В скрещиваниях с сортом *Purle valley* количество таких образцов было меньше (22,8 %).

Из опылителей более высокой комбинационной способностью обладает сорт Родрига, с участием которого получено 33,0 % образцов с фиолетовой мякотью. В других группах число их было меньше (21–28 %). Перспективными для отбора форм с фиолетовой мякотью оказались комбинации 206.53-2 × Вектар и 206.53-2 × Родрига, в которых выделено соответственно 44,0 и 36,0 % таких образцов. Однако следует отметить, что мякоть клубня была окрашена в основном частично – не более 2/3 поверхности. Гибриды с интенсивной фиолетовой окраской мякоти по всей поверхности клубня выделены лишь в трех комбинациях: 206.53-12 × Вектар – 3,7 %; *Purle valley* × Вектар – 6,0; 206.180-4 × Вектар – 6,5 %. Следует отметить, что во всех этих скрещиваниях опылителем был сорт Вектар. Не выявлено определенной зависимости между фиолетовой окраской кожуры и мякоти  $r+sr = 0,489 \pm 0,246$ .

В исследуемых комбинациях выщеплялись формы с красной и розовой мякотью сосудистого кольца. Сумма их с фиолетовой окраской составляла в зависимости от происхождения комбинаций 34,6–52,5 %.

Аналогично как и по фиолетовой отмечено проявление желтой окраски мякоти. Среди материнских форм по этому показателю выделяется гибрид 206.53-2, в комбинациях с участием которого выделено от 40,0 до 56,0 % желтомясых форм при среднем показателе 46,0 %. Среди опылителей можно отметить сорта Родрига и Вектар, в комбинациях с участием которых отобрано в среднем 40,0 % форм с желтой мякотью. В отдельных гибридных семьях: 206.53-2 × Родрига, 206.53-2 × Вектар и другие сумма форм с фиолетовой и желтой мякотью была больше (90 %). Такие скрещивания представляют высокую селекционную ценность, поскольку в них четко наблюдается аддитивное действие генов, контролирующих окраску мякоти клубня.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В изученных комбинациях наблюдалось значительное расщепление гибридного потомства по окраске кожуры и мякоти. При скрещивании материнских форм с фиолетовой кожурой и мякотью, с красноклубневыми желтомясыми отцовскими в потомстве выделено 34,0–54,3 % гибридов с фиолетовой и 18,6–44,4 % красной кожурой и 14,5–44 с фиолетовой и 25,9–56,0 % желтой мякотью соответственно.

2. Частота цветных форм в значительной степени зависит от комбинационной способности родителей. Суммарное количество образцов с фиолетовым и красным цветом кожуры было выше в гибридных популяциях, в которых материнской формой был межвидовой гибрид 206.53-12, а опылителями сорта Вектар и Родрига соответственно 81,2, 82,3, 82,0 %.

3. Больше число гибридов с фиолетовой кожурой и мякотью выделено в скрещиваниях, где в качестве материнской формы использовали гибрид 206.53-2, а отцовской – Родрига.

4. Перспективными для селекции являются комбинации 206.53-12 × Вектар, Purple valley × Вектар, 206.180-4 × Вектар, в которых выделено 3,7–6,5 % гибридов со сплошной интенсивной фиолетовой мякотью.

5. Более высокое проявление желтой окраски мякоти наблюдалось в комбинациях с родительскими формами 206.53-2, Вектар, Родрига.

6. Лучшие по совместному наследованию фиолетового и желтого цвета мякоти (более 90 %) были гибридные семьи 206.53-2 × Родрига, 206.53-2 × Вектар.

#### Список литературы

1. Товарные и потребительские качества, пищевая ценность и дегустационные характеристики столовых сортов картофеля / А. Э. Шабанов [и др.] // Современная индустрия картофеля: состояние и перспективы развития: материалы межрегиональной конф. – Чебоксары: КУП Чувашской Республики «Агро-Инновации», 2014. – С. 85–90.

2. Шанина, Е.П. Селекция на повышенное содержание антиоксидантов в картофеле / Е.П. Шанина // Современное состояние и перспективы развития картофелеводства: материалы IV науч.-практ. конф. – Чебоксары: КУП Чувашской Республики «Агро-Инновации», 2012. – С. 35–38.

3. Киру, С.Д. Генетические ресурсы картофеля для новых направлений селекции / С.Д. Киру // Картофелеводство. Результаты исследований, инновации, практический опыт: материалы науч.-практ. конф. и координ. совещание «Научное обеспечение и инновационное развитие картофелеводства». – М., 2008. – Т. 1. – С. 49–56.

4. Фурдига, М.М. Нові напрямки селекції картоплі / М.М. Фурдига // Картоплярство України. – Наук.-практ. журн. – 2010. – № 1–23. – С. 4–9.

5. Environmental Conditions Influence The Content and Yield of Anthocyanins and Total Phenoliks– in Purple– and Red flesh Potatoed during Tuber Developmt / L.F. Reyed [et al.] // Electronic resorse /2004/ Mode of acces; [http | findarticles.com/p/articles/mi-ga4069/is-200405/ai-9441983](http://findarticles.com/p/articles/mi-ga4069/is-200405/ai-9441983). – Data of access: 10.12.2010.

Поступила в редакцию 06.11.2015 г.

G.I. PISKUN

### ASSESSMENT OF PARENTAL FORMS FOR THE TRANSFER OF HYBRID PROGENY OF COLORED JACKET AND TUBER PULP

#### SUMMARY

*The assessment to parental forms with colored jacket and pulp on data transmission of signs to posterity is given. Perspective interspecific hybrids and grades as well as hybrid combinations for selection material with red and violet jacket and colored tuber pulp are allocated.*

*Key words:* potato, tuber, color, jacket pulp, combinations, parental forms.

## **РАЗДЕЛ 2**

### **ИСХОДНЫЙ МАТЕРИАЛ**

УДК 635.21:575.222.2.72:577.21

**Е.В. Воронкова, Н.В. Павлючук, Ю.В. Полюхович, О.Н. Гукасян,  
В.М. Жарич, В.И. Лукша, А.П. Ермишин**

ГНУ «Институт генетики и цитологии НАН Беларуси», г. Минск

E-mail: E.Voronkova@igc.by

#### **УСТОЙЧИВОСТЬ К Y-ВИРУСУ, ИНТРОГРЕССИРОВАННАЯ В ДИПЛОИДНЫЕ МЕЖВИДОВЫЕ ГИБРИДЫ ОТ *SOLANUM STOLONIFERUM***

##### **РЕЗЮМЕ**

*С помощью иммуноферментного анализа после искусственного заражения Y-вирусом картофеля была оценена коллекция из 240 межвидовых диплоидных гибридов картофеля, полученных на основе мексиканского аллотетраплоидного вида *Solanum stoloniferum*. Было показано, что среди них может быть отобран селекционный материал с высокой устойчивостью к вирусной инфекции, которая стабильно передается потомству при беккроссировании дигиплоидами культурного картофеля. Экспериментально подтвержден моногенный характер наследования признака «экстремальная резистентность к обычному и некротическому штаммам PVY», передающихся межвидовым гибридам от *S. stoloniferum*. Такой характер наследования признака позволит в дальнейшем использовать полученные расщепляющиеся популяции гибридов на основе *S. stoloniferum* для маркирования нового фактора экстремальной устойчивости к PVY от этого вида картофеля.*

*Ключевые слова:* картофель, *Solanum stoloniferum* Schltdt., диплоидные межвидовые гибриды, устойчивость к Y-вирусу, ИФА, гены экстремальной устойчивости (ER-гены), расщепление.

##### **ВВЕДЕНИЕ**

Существенное снижение урожайности и качества картофеля во многих случаях связано с распространением вирусных заболеваний. В частности, высокой вредоносностью отличаются вирусы картофеля Y, A, S, V из рода *Potyvirus* [1–6]. Среди них особое место занимает Y-вирус картофеля (PVY). По мнению ведущих специалистов мира в области вирусологии растений (по данным опроса журнала *Molecular Plant Pathology*), он занимает пятую позицию среди вирусов растений по экономической и научной значимости, что определяется несколькими причинами [4]. По данным ряда авторов, потери

урожая клубней у пораженных PVY растений могут составлять до 80–90 % [7]. Кроме того, для него характерна широчайшая распространенность в мире и высокое генетическое разнообразие выделенных изолятов, что усугубляет его патогенность [6, 8]. Проблему также осложняет наличие нескольких векторов переноса инфекции: возможно распространение вирусной инфекции посредством клубней при репродукции и размножении семенного картофеля и распространение в результате переноса сосущими насекомыми [1, 4, 6, 9]. Проблему борьбы с вирусной инфекцией не удастся решить в полной мере путем использования комплекса передовых агротехнических мероприятий, требующих огромных финансовых затрат на получение чистой от вируса семенной продукции и контроля насекомых-вредителей. В то же время поиск новых генов устойчивости и использование приемов маркер-ассоциированной селекции могли бы способствовать повышению эффективности селекционного процесса и снижению затрат на создание новых высокоустойчивых сортов [2, 3, 5].

В настоящее время известно более 10 генов устойчивости к PVY, часть из которых клонирована и картирована [1, 2, 9–16]. Часть из них представляют собой гены гиперчувствительности (HS – hyper sensitivity), выявленные в разных сортах культурного картофеля и в некоторых диких видах. HS-гены обеспечивают устойчивость только к некоторым из известных в настоящее время штаммов PVY. В то же время высокая вариабельность PVY, его способность к достаточно быстрому мутированию и/или рекомбинации ведет к возникновению новых штаммов вируса, преодолевающих устойчивость, представленную у сортов картофеля, используемых в различных регионах мира [4, 6, 8, 10, 17]. Отмечено возникновение новых симптомов заболевания, повышающих экономический ущерб от потерь урожая при выращивании и хранении картофеля [6–8, 17].

Повысить устойчивость картофеля к PVY, обеспечить долговременную устойчивость к широкому спектру штаммов возможно, по мнению ряда авторов, при использовании в селекции генов так называемой экстремальной (крайней) устойчивости (ER – extra resistance) и их пирамидированию в одном генотипе [2, 3, 11, 17]. Гены экстремальной устойчивости выявлены у нескольких диких видов картофеля, в том числе у аллотетраплоидного мексиканского вида *Solanum stoloniferum* Schltdt., известного также как источник генов устойчивости к X, A и V-вирусам картофеля и высокой устойчивости к фитофторозу [1, 11, 18, 19]. Хотя генетический материал этого вида используется в селекции с середины XX-го в. и представлен у многих сортов, в силу репродуктивных ограничений, возникающих при гибридизации аллотетраплоидного *S. stoloniferum* и автотетраплоидного *S. tuberosum* и происходящей из этой сложности интрогрессии генов *S. stoloniferum* к культурному картофелю, он не отличается большим разнообразием [10–12, 20]. В настоящее время клонированы только один или два гена экстремальной устойчивости к PVY [12, 15, 16]. В то же время, согласно исследованиям,

проведенным G. Cockerham, имеется, как минимум, три гена (или аллельных формы), обеспечивающих высокую устойчивость к Y-вирусу с различным фенотипическим проявлением признака (сочетание одновременной устойчивости к PVY с устойчивостью к другим потивирусам – PVA и/ или PVV) [10]. Таким образом, расширение генетического разнообразия *S. stoloniferum* в селекционном материале картофеля способствовало бы более эффективно использованию селекционно-ценных генов этого вида для создания сортов с опережающей появлению новых штаммов экстремальной устойчивостью к PVY и другим потивирусам.

В лаборатории генетики картофеля ГНУ «Институт генетики и цитологии» был разработан ряд новых методов преодоления межвидовых репродуктивных барьеров, благодаря чему были получены уникальные диплоидные межвидовые гибриды картофеля на основе аллотетраплоидных видов, в том числе гибриды на основе *S. stoloniferum* [21]. Для того чтобы эффективно использовать в селекции полученный исходный материал, необходимо оценить уровень интрогрессии генетического материала *S. stoloniferum* в культурный картофель, изучить генетический контроль выявленного признака устойчивости к Y-вирусу и идентифицировать гены, отвечающие за его формирование. Результатом этих исследований должно стать создание молекулярных маркеров, удобных для использования в селекционном процессе для идентификации новых генов устойчивости в исходном материале. В данной работе представлены результаты оценки устойчивости диплоидных межвидовых гибридов (BC1 и BC2) между *S. stoloniferum* и дигаплоидами *S. tuberosum* к Y-вирусу картофеля, основанные на данных иммуноферментного анализа (ИФА) при искусственном заражении растений, и анализ наследования признака устойчивости в специально созданных расщепляющихся по этому признаку популяциях гибридов.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Растения картофеля выращивали на поле экспериментальной базы ГНУ «Институт генетики и цитологии». В 2007 и 2008 гг. проводили оценку устойчивости клубневого поколения межвидовых гибридов BC1 и BC2, полученных на основе *S. stoloniferum*. В качестве инфектора использовали растения картофеля сорта Зарница с показателями оптической плотности при ИФА 0,4–0,6. Осуществляли принудительное двукратное заражение механической инокуляцией соком инфектора в условиях открытого грунта. Для оценки устойчивости к PVX специально заражение гибридов на основе *S. stoloniferum* не проводили.

Для изучения наследуемости признака «экстремальная устойчивость к PVY» межвидовых гибридов клубневое поколение двух специально созданных расщепляющихся популяций, полученных при скрещивании контрастных по проявлению признака гибридов BC1 (sto × tbr) × tbr, заражали в 2010 г. и оценивали с помощью ИФА в 2011–2012 гг. Генотипы популяции IGC 08/13.n

(87 генотипов), полученной при опылении высокоустойчивого к PVY гибрида IGC 02/183.17 неустойчивым к данному вирусу гибридом IGC 02/185.1 заражали высокоагрессивным штаммом Y<sup>0</sup>. Генотипы популяции IGC 08/14.n (84 генотипа), полученной при скрещивании высокоустойчивого гибрида IGC 02/183.17 с неустойчивым гибридом с IGC 02/178.3, заражали некротическим штаммом Y<sup>N</sup>. Для приготовления инокулюма штаммов PVY<sup>0</sup> и PVY<sup>N</sup> использовали свежесжатый сок из листьев соответствующих растений табака сорта Samsung, клон № 2 с показателем оптической плотности при иммуно-ферментном анализе, равном 0,3 ед. Инфекторы (листья с зараженных растений) были предоставлены лабораторией исходного материала РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по картофелеводству и плодородию». Заражению способом механической инокуляции соком растений-инфекторов в условиях открытого грунта подвергали только гибриды, находившиеся в период заражения в подходящей фазе развития. Растения с поздними сроками появления всходов и потому сильно отстающие в росте и фазе развития от основной массы – браковали. Первое заражение осуществляли в фазу от 3–4 настоящих листьев, повторное – с интервалом в 10 дней от первого заражения.

Для осуществления иммуноферментного анализа использовали набор реагентов Всероссийского научно-исследовательского института картофельного хозяйства (ВНИИ КХ) РАСХН для идентификации Y-вируса картофеля (Коренево, Россия). Работу осуществляли согласно рекомендациям производителя [22]. Учет данных ИФА проводили с помощью фотометра Uniscan I (LabSistems), со светофильтром для длины волны 490 нм. Положительным контролем служил сок инфицированных растений сорта Росинка с показателем оптической плотности при ИФА более 2,0. Высокоустойчивыми считали растения, уровень накопления вирусных частиц в которых не превышал 0,01 единицы оптической плотности (ед. опт. пл.). При отборе неустойчивых образцов использовали пониженный порог 0,10 [16]. При оценке расщепления образцы делили на два типа: высоко (экстремально) устойчивые – с оптической плотностью не более 0,01 и прочие – с оптической плотностью выше 0,015.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Изучение устойчивости к вирусной инфекции диплоидных межвидовых гибридов, полученных на основе аллотетраплоидного мексиканского вида *S. stoloniferum*, осуществляли в основном на уровне первого и второго бек-кроссных поколений, полученных при повторном опылении гибридов F<sub>1</sub> фертильными генотипами *S. tuberosum*. Часть гибридов происходила от опыления дигаплоидов *S. tuberosum* смесью пыльцы нескольких гибридов F<sub>1</sub> *S. stoloniferum* × *S. tuberosum*, полученных на основе разных генотипов *S. stoloniferum*. Оценку самих гибридов F<sub>1</sub> в большинстве случаев провести не удалось, так как они, как правило, при выращивании в условиях длинного

дня, что характерно для средних широт, отличались крайне слабым клубнеобразованием (у большинства клубни не завязывались при обильном формировании длинных столонов). Это не позволило нам репродуцировать гибриды  $F_1$  в течение нескольких лет и получить достаточное количество клубней для проведения лабораторных и полевых тестов.

В 2007 и 2008 гг. по устойчивости к PVY было проанализировано в общей сложности 240 гибридов. Из них к высокоустойчивым (оптическая плотность 0,00–0,015) был отнесен 51 генотип (BC1 и BC2), что составило 21,25 % оцененной популяции. При этом лишь незначительная часть из устойчивых гибридов (10 генотипов) имела относительно культурный тип куста и формировала достаточно крупные клубни. Большинство устойчивых форм имели ярко выраженные признаки дикого родителя. Визуальная оценка зараженных растений показала полное отсутствие у всех без исключения образцов симптомов гиперчувствительной реакции. Растения, выделившиеся как устойчивые по данным ИФА, визуально выглядели совершенно здоровыми, а некротическая реакция присутствовала только в месте инокуляции вируса. Такой результат свидетельствует в пользу предположения, что устойчивость межвидовых гибридов *S. stoloniferum* определяется либо полевой устойчивостью к вирусам за счет комплекса полигенов, либо, что более вероятно, основную роль в формировании устойчивости полученных нами межвидовых гибридов имеют основные гены (R-гены) крайней устойчивости к соответствующим патогенам [12]. Возможно также формирование устойчивости одновременно за счет обоих этих механизмов.

Доля в популяциях устойчивых гибридов зависела от генотипа аллотетраплоидного родителя и могла различаться весьма существенно. Например, в потомстве клона *S. stoloniferum* Л-32-7-3 устойчивыми к PVY оказались более 30 % гибридов BC1, в то время как в потомстве Л-32-7-1 устойчивость сохранили только 12,5 % гибридов. Хотя мы специально не проводили заражение гибридов X-вирусом картофеля, проведенный параллельно у гибридов ИФА на содержание этого вируса показал, что многие из высокоустойчивых к PVY генотипов проявили высокую полевую устойчивость и к PVX. При этом следует отметить, что все изучавшиеся гибриды до искусственного заражения PVY не менее двух лет репродуцировались в полевых условиях с достаточно высоким фоном вирусной инфекции.

В настоящее время известны и три гена (возможно аллельные формы одного гена) аллотетраплоидного вида *S. stoloniferum*, контролирующие сочетание в различной комбинации ER устойчивости к PVY с ER или HR устойчивостью к PVA и PVV [1, 10, 23]. Один из этих генов  $Ry_{sto} = Ry_{f-sto} = R2$ , сочетающий экстремальную устойчивость к Y и V вирусам с гиперчувствительностью к A-вирусу, картирован на хромосоме XII [1, 12–16]. Высока вероятность, что гены  $Ry_{sto}$  и  $Ry_{f-sto}$  являются близко расположенными на хромосоме XII, но не идентичными. Также возможно, что они представляют собой различные аллельные варианты одного гена. Ген  $Ry_{f-sto}$  интрогрессирован из

образцов коллекции *S. stoloniferum* Всероссийского института растениеводства им. Н.И. Вавилова в селекционную линию PW 362 (MPI 47.174/3), созданную в Институте селекции и интродукции растений (Млохов, Польша) и не связан с эффектом ЦМС у селекционного материала [12, 16, 20]. Второй ген –  $Ry_{sto}$  интрогрессирован в некоторые сорта картофеля западноевропейской селекции от линий CPC 9, CPC 28.4, PI 1600226 и MPI 61.303/4, полученных в ходе многократного беккроссирования аллотетраплоидного вида культурным картофелем [2, 10, 15]. Он ассоциирован с эффектом ЦМС у межвидовых гибридов, наследуемым от материнского аллотетраплоидного родителя совместно с его митохондриальным геномом [16]. Считается, что механизм действия  $Ry_{sto}$  и  $Ry_{fsto}$  сходен и заключается в участии продуктов генов в процессах супрессии репликации вирусов или их дестабилизации, которые происходят на уровне протопластов растения-носителя этих генов [15]. По данным Х. Росса, кроме *S. stoloniferum* в родословной линии MPI 61.303/4, наиболее часто используемой при создании источников R-генной устойчивости к Y-вирусу в Европейских селекционных центрах, присутствуют также *S. tuberosum ssp andigenum*, *S. acaule*, *S. demissum* и *S. spgazzinii*, часть из которых также может быть источниками ER и/или HR устойчивости к PVY [11]. Лишь немногие сорта (по данным Х. Росса, около 20), созданные в Германии, а также несколько сортов из Польши и Нидерландов несут гены экстремальной устойчивости к PVY от *S. stoloniferum* [20, 24, 25]. Ряд сортов с генами устойчивости к Y-вирусу от этого вида созданы также белорусскими селекционерами [24].

Полученные нами диплоидные гибриды между *S. stoloniferum* и фертильными дигаплоидами *S. tuberosum*, выделившиеся по высокой устойчивости к PVY, отличались достаточно высокой мужской фертильностью, что позволило использовать их в беккроссных скрещиваниях с дигаплоидами картофеля не только в качестве материнских форм, но и как опылителей. Таким образом, интрогрессированный нами локус, связанный с иммунитетом к PVY, стабильно передающийся потомству первичных гибридов при беккроссировании дигаплоидами *S. tuberosum*, не идентичен известному гену  $Ry_{sto}$ , наличие которого связано с ЦМС гибридов  $F_1$ . Это также подтверждается результатами анализа с использованием микросателлитного маркера STM0003<sub>111</sub>, рекомендуемого для идентификации данного гена, не выявившего этот ген в полученных нами гибридах. Оценка гибридов с помощью маркера GP122/EcoRV718 на наличие гена  $Ry_{fsto}$  показала, что устойчивость гибридов не связана также и с наличием второго известного гена устойчивости к PVY от *S. stoloniferum* [17].

По данным G.Cockerham, *S. stoloniferum* является одним из наиболее полиморфных мексиканских видов картофеля, в том числе и в отношении устойчивости к PVY в сочетании с устойчивостью к PVA. Этот автор выделяет шесть типов устойчивости, из которых три типа представляют собой высокую устойчивость к PVY с разной степенью устойчивости к PVA. Все имеющиеся

в современном ассортименте иммунные к PVY сорта с присутствием генов устойчивости от *S. stoloniferum* принадлежат к одному из этих трех типов вне зависимости от исходной селекционной линии. Тип 1 характерен для сортов селекции Нидерландов, типы 1 и 3 – для сортов из Германии и типы 1 и 2 – для сортов польской селекции [16]. При этом тип 1, характеризующийся иммунитетом к PVY с отсутствием симптомов, характерных как для PVY, так и PVA (появление небольших некротических пятен на листьях), в том числе и при инокуляции вирусной инфекцией, и полным отсутствием симптомов обоих вирусов в вегетативном потомстве, встречается наиболее часто [10].

Мы не проводили анализ полученного нами гибридного материала на основе *S. stoloniferum* на зараженность А-вирусом, однако полное отсутствие характерной для виروزов симптоматики при заражении PVY и стабильное сохранение высокого уровня устойчивости к PVY в вегетативном потомстве гибридов позволяют отнести полученные нами гибриды к типу 1. Таким образом, собранные нами данные по устойчивости межвидовых диплоидных гибридов картофеля на основе *S. stoloniferum* свидетельствуют, что существует достаточно высокая вероятность выявления в созданном нами селекционном материале нового, ранее неизвестного локуса этого аллотетраплоидного вида, связанного с экстремальной устойчивостью к PVY и, возможно, к PVA. Наличие обширного гибридного материала, полученного нами в течение нескольких лет, и стабильно высокая доля среди него образцов с высокой устойчивостью к PVY, подтвержденная методом ИФА, свидетельствует о необходимости выявления этого локуса и создания удобного для его идентификации ПЦР-маркера, пригодного для целей маркер-ассоциированной селекции. С целью последующего маркирования и картирования нового фактора устойчивости к PVY были созданы две популяции гибридов, в которых анализ расщепления по признаку «экстремальная устойчивость к PVY» позволил оценить характер наследования признака и выявить генотипы, пригодные в качестве контрастных форм для последующего молекулярно-генетического маркирования данного фактора.

В таблице 1 представлены сравнительные данные за два года испытаний, показывающие фенотипическое разнообразие в расщепляющихся популяциях IGC 08/13.n и IGC 08/14.n по уровню устойчивости к соответствующим штаммам Y-вируса.

Как видно из данных по распределению устойчивых и неустойчивых генотипов в 2011 и 2012 гг., количество неустойчивых генотипов в обеих популяциях существенно выросло при оценке, проводившейся в 2012 г. При этом уменьшилось количество генотипов как с показателями оптической плотности до 0,01 ед., так и с оптической плотностью 0,00. По-видимому, это связано с постепенным накоплением вирусных частиц в растениях при вегетативном репродуцировании. Тем не менее доля устойчивых генотипов и в 2012 г. в обеих популяциях составила около половины (в IGC 08/13.n – более половины). Несмотря на то что доля неустойчивых образцов существенно возросла (в том

Таблица 1 – Распределение генотипов в расщепляющихся популяциях IGC 08/13.n (заражение PVY<sup>0</sup>) и IGC 08/14.n (заражение PVY<sup>N</sup>) в зависимости от оптической плотности (показатель накопления вирусных частиц в соке), выявленной при ИФА межвидовых гибридов в экспериментах 2011 и 2012 гг.

Название гибридной популяции и ее происхождение	Количество оцененных генотипов, шт.		Показатели оптической плотности, ед. опт. пл.	Распределение			
	2011 г.	2012 г.		Количество генотипов, шт.		Частота генотипов, %	
				2011 г.	2012 г.	2011 г.	2012 г.
IGC 08/13.n; IGC 02/ 183.17 <i>sto</i> (ER*) × IGC 02/185.1 <i>sto</i> (S**)	87	83	0,00–0,010	76	47	87,36	56,63
			В т. ч. 0,00	41	11	47,13	13,25
			0,011 – > 2	11	36	12,64	43,37
			В т. ч. > 0,18	2	25	2,30	30,12
IGC 08/14.n; IGC 02/ 183.17 <i>sto</i> (ER*) × IGC 02/178.3 <i>sto</i> (S**)	84	77	0,00–0,010	78	37	92,86	48,05
			В т. ч. 0,00	41	11	55,95	14,28
			0,011 – > 2	6	40	7,14	51,95
			В т. ч. > 0,18	4	34	4,76	44,16

\* ER – высокоустойчивый к PVY; \*\* S – неустойчивый к PVY.

числе и с оптической плотностью более 0,18, которую принято считать пороговой), лишь в отдельных образцах можно было выявить наличие вирусной инфекции визуально [26].

Изменение соотношения устойчивых и неустойчивых генотипов дает основание предполагать, что устойчивость к PVY, выявленная у части гибридов в 2011 г., определяется не столько реакцией экстремальной устойчивости при заражении соком инфектора, сколько относительной устойчивостью к накоплению вирусных частиц, связанной не с действием ER-генов, а другими факторами, в частности с длительностью инкубационного периода. Первоначальный анализ гибридов на накопление вирусных частиц с помощью ИФА проводили в 2011 г. на растениях, выросших из клубней зараженных растений картофеля. При анализе 2012 г. сбор экспериментального материала проводили на растениях второго после заражения клубневого поколения. Известно, что клубневое репродуцирование картофеля способствует накоплению вирусной инфекции [9]. При этом кроме искусственного заражения оказывал также влияние естественный фон вирусной инфекции, что также могло способствовать повышению уровня распространения и накопления вирусных частиц. Возможно, относительная устойчивость части генотипов, выявленная в 2011 г., связана с действием полигенов, определяющих снижение активности размножения патогена в клубнях и растениях.

Таким образом, двухлетняя оценка накопления вируса в экспериментальных генотипах позволила нам существенно повысить точность оценки и выделить генотипы со стабильно высокой устойчивостью (экстремальной устойчивостью) к разным штаммам вируса. Также удалось выделить генотипы, оптическая плотность для которых в 2012 г., как и в 2011, была равна 0. Количество

таких гибридов было более 13 % в популяции IGC 08/13.n и более 14 % – в популяции IGC 08/14.n. Очевидно, такие генотипы могут рассматриваться как источники экстремальной устойчивости к PVY при селекции на устойчивость к данному вирусу и одновременно служить надежными положительными стандартами при оценке полиморфизма по признаку устойчивости к вирусу с помощью методов молекулярно-генетического анализа.

Данные о соотношении в экспериментальных популяциях устойчивых и неустойчивых гибридов оказались очень близкими в оба года испытаний (см. табл. 1). При создании обеих расщепляющихся популяций исходные межвидовые гибриды F<sub>1</sub> были получены с участием клона *S. stoloniferum* PI 16158 (по каталогу Национального генбанка по картофелю США, NRSP-6), поэтому можно говорить, что интрогрессированный нами генетический материал дикого вида обеспечивает устойчивость как к обычному (PVY<sup>0</sup>), так и к некротическому (PVY<sup>N</sup>) штаммам вируса.

При отборе неустойчивых образцов в отношении сортов картофеля у разных авторов применяются пороги 0,18–0,2 ед. опт. пл. Однако в настоящей работе мы существенно понизили порог для отбора неустойчивых образцов (до 0,10), так как проводилось изучение гибридов картофеля с интрогрессированными генами дикого вида. Такой же порог для отбора неустойчивых образцов был применен учеными ВНИИ КХ [22]. При оценке расщепления ориентировались на соответствующую градацию – образцы делили на два типа: высокоустойчивые (экстрарезистентные) – с оптической плотностью не более 0,01 и прочие – с оптической плотностью выше 0,01. Результаты анализа расщепления в двух популяциях межвидовых гибридов представлены в таблице 2.

Для получения расщепляющихся по признаку устойчивости к PVY популяций мы использовали скрещивания между контрастными по проявлению признака диплоидными беккроссными гибридами ([wild sp. × tbr] × tbr). Таким образом, в высокоустойчивом родителе, участвовавшем в скрещиваниях при

Таблица 2 – Расщепление по признаку «устойчивость к PVY» в популяциях межвидовых гибридов, полученных от скрещивания высокоустойчивого (ER – extra resistance) к PVY и восприимчивых (S – susceptible) к PVY клонов

Фактическое расщепление ER : (O = S + R)*	Теоретическое расщепление ER : (O = S + R)	Отклонение от теоретического расщепления	$\chi^2$	Уровень значимости P
<b>IGC 08/13.n</b>				
( IGC 02/ 183.17 sto (ER*) × IGC 02/185.1 sto (S**), заражение PVY <sup>0</sup>				
<b>47 : 36</b>	<b>43,5 : 43,5</b> (1 : 1)	<b>2,5</b>	<b>1,46</b>	<b>0,05</b>
<b>IGC 08/14.n</b>				
IGC 02/ 183.17 sto (ER) × IGC 02/178.3 sto (S), заражение PVY <sup>N</sup>				
<b>37 : 40</b>	<b>38,5 : 38,5</b> (1 : 1)	<b>1,5</b>	<b>0,12</b>	<b>0,05</b>

\* ER – extra resistance (высокоустойчивые); \*\* S – susceptible (неустойчивые).

получении популяций для молекулярно-генетического маркирования, соответствующий ER-ген может быть представлен только в гетерозиготном состоянии. Как видно из данных таблицы 2, в обеих популяциях межвидовых гибридов характер расщепления практически совпадает. Несмотря на то что в популяции IGC 08/13.n имеется некоторый избыток устойчивых генотипов, в обоих случаях расщепление достоверно соответствует теоретически ожидаемому для анализирующего скрещивания с гетерозиготным родителем 1 : 1. Такой характер расщепления в популяциях на экстремально устойчивые резистентные и неустойчивые генотипы говорит о том, что высокая устойчивость определяется наличием одного доминантного R-гена (см. табл. 2), полученного от дикого родителя. Это согласуется с данными других авторов [10]. Хотя, как уже говорилось выше, в формировании устойчивости может принимать участие и полигенный фактор, определяющий, по всей видимости, скорость накопления вирусных частиц в заражавшихся растениях картофеля, результаты расщепления говорят о независимом наследовании R-генной и полигенной устойчивости.

Соответствие полученного в эксперименте расщепления теоретически ожидаемому подтверждает моногенный контроль признака экстремальной устойчивости к PVY, наследуемого от *S. stoloniferum*, что упрощает подбор образцов из полученных нами гибридных популяций для дальнейшего маркирования соответствующего гена. Это обстоятельство, а также наличие в изучаемых популяциях достаточно большого числа образцов с контрастным проявлением признака (22 иммунных с показателем оптической плотности за два года наблюдений 0,00 ед. опт. пл. и более 50 сильно поражаемых вирусом с показателем оптической плотности около 2,0 и выше ед. опт. пл.), должно способствовать успешному маркированию нового гена экстремальной устойчивости к Y-вирусу, интродуцированному в дигиплоиды *S. tuberosum* от аллотетраплоидного вида *S. stoloniferum*.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований по изучению диплоидных межвидовых гибридов картофеля, полученных на основе мексиканского аллотетраплоидного вида *S. stoloniferum*, с целью использования в селекции на устойчивость к Y-вирусу было показано, что среди них может быть отобран селекционный материал с высокой устойчивостью к вирусной инфекции. Признак стабильно передается потомству при беккроссировании дигиплоидами культурного картофеля. При этом изучение исходных генотипов дикого вида с помощью ДНК-маркеров позволяет предположить наличие в них и в гибридах, полученных на их основе, нового, ранее немаркированного и некартированного фактора, обеспечивающего высокую устойчивость к патогену. Экспериментально подтвержден моногенный характер наследования признака «экстремальная резистентность к обычному и некротическому штаммам PVY», передающихся межвидовым гибридам от *S. stoloniferum*. Такой характер

наследования признака позволит в дальнейшем использовать полученные расщепляющиеся популяции гибридов на основе *S. stoloniferum* для маркирования нового фактора ER устойчивости к PVY от этого вида картофеля.

В расщепляющихся популяциях выделены гибриды с контрастным проявлением признака устойчивости, необходимые для проведения молекулярно-генетического анализа с целью выявления генетического полиморфизма, коррелирующего с признаками устойчивости и дальнейшего маркирования нового гена.

#### Список литературы

1. Solomon – Blackburn, R.M. A review of host major-gene resistance to potato viruses X, Y, A and V in potato: gens, genetics and mapped location / R.M. Solomon–Blackburn, H. Barker // *Heredity*. – 2001. – Vol. 86. – P. 8–6.
2. 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.
3. Vales, M.I. Marker – Assisted Selection for PVY resistance in tetraploid potato/ M.I. Vales [et al.] // *Proc. IS on Molecular Markers in Horticulture*. – N.V. Bassil and R. Martin eds. – Acta Hort. – 2010. – Vol. 859. – P. 409–416.
4. Scholthof, K.G. Top 10 plant viruses in molecular plant pathology / K.G. Scholthof [et al.] // *Molecular Plant Path.* – 2011. – Vol. 12. – № 9. – P. 938–954.
5. 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.
6. Ohshima, K. Studies on the molecular evolution of potyviruses // *J. Ge. Plant. Pathol.* – 2013. – Vol. 79. – P. 448–452.
7. Блоцкая, Ж.В. Штаммоспецифические особенности Y-вируса картофеля (PVY) // *Земледелие и защита растений*. – 2014. – № 4. – С. 49–50.
8. Lorenzen, J.H. 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. Viro.* – 2006. – Vol. 151. – P. 1055–1074.
9. Иванюк, В.Г. Защита картофеля от болезней, вредителей и сорняков / В.Г. Иванюк, С.А. Банадысев, Г.К. Журомский. – Минск: Белпринт, 2005. – 696 с.
10. Cockerham, G. Genetical studies on resistance to potato Viruses X and Y // *Heredity*. – 1970. – Vol. 25. – № 3. – P. 309–348.
11. Росс, Х. Селекция картофеля. Проблемы и перспективы / Х. Росс; пер. с англ. / М.: Агропромиздат. – 1989. – 183 с.
12. Flis, B. *Ry-fsto* gene from *Solanum stoloniferum* for extreme resistant to Potato virus Y maps to potato chromosome XII and is diagnosed by PCR marker GP122<sub>718</sub> in PVY resistant potato cultivars / B. Flis [et al.] // *Molecular Breeding*. – 2005. – Vol. 15. – P. 95–101.
13. Development of a locus-specific marker and localization of *Ry<sub>sto</sub>*-gene based on linkage to catalase gene on chromosome XII in the tetraploid potato genome / I. Cernak [et al.] // *Breeding science*. – 2008. – Vol. 58. – P. 309–314.

14. Evidence for utility of the same PCR-based markers for selection of extreme resistance to Potato virus Y controlled by *Rysto* of *Solanum stoloniferum* derived from different sources / J.P.T. Valkonen [et al.] // *Ann Appl Biol* . – 2008. – Vol. 152 . – P. 121–130.
15. Brigneti, G. Molecular mapping of the potato virus Y resistance gene *Rysto* in potato / G. Brigneti, J. Garcia-Mas, D.C. Baulcombe // *Theor. Appl. Genet.* – 1997. – Vol. 94. – P. 198–203.
16. Ye-Su Song, Development of STS markers for selection of extreme resistance (*Ry<sub>sto</sub>*) 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.
17. Tian, Y-P. Genetic determinants of potato virus Y required to overcome or trigger hypersensitive resistance to PVY strain group 0 controlled by the gene *Ny* in potato/ Y-P. Tian, J. Valkonen // *МРМІ.* – 2013. – Vol. 26. – № 3. – P. 2970–305.
18. Wang, M. Diversity and evolution of resistance genes in tuber-bearing *Solanum* species. PhD-thesis – Wageningen Universiteit: Wageningen, Netherlands, 2007. – 108 p.
19. Ермишин, А.П. Картофель / А.П. Ермишин, Е.В. Воронкова, В.А. Козлов // *Генетические основы селекции растений. Частная генетика растений / под науч. ред. А.В. Кильчевского, Л.В. Хотылевой.* – Минск : Беларус. навука, 2010. – Т. 2. – С. 156–234.
20. Sources and Effectiveness of Potato PVY Resistance in I HAR's Breeding Research / E. Zimnoch – Guzowska [et al.] // *Am. J. Potato Res.* – 2013. – Vol. 90. – P. 21–27.
21. Воронкова, Е.В. Диплоидные гибриды между аллотетраплоидными дикими видами картофеля *Solanum acaule* Bitt., *S. stoloniferum* Schtdl. и дигаплоидами *S.tuberosum* L. / Е.В. Воронкова, В.М. Лисовская, А.П. Ермишин // *Генетика.* – 2007. – Т. 43. – № 8. – С. 1065–1073.
22. Инструкция по использованию иммуноферментного диагностического набора для определения вирусов картофеля / Методические указания Всероссийского научно-исследовательского института картофельного хозяйства (ВНИИ КХ) РАСХН. – Коренево. – 2001. – 7 с.
23. 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.
24. Воронкова, Е.В., Изучение коллекции сортов и перспективных гибридов картофеля на наличие ПЦР-маркеров генов устойчивости с целью отбора исходного материала для селекции на комплексную устойчивость к патогенам / Е.В. Воронкова [и др.] / *Интродукция, сохранение и использование биологического разнообразия мировой флоры: материалы Междунар. конф., посв. 80-летию Центрального ботанического сада НАН Беларуси (19–22 июня 2012 г., Минск, Беларусь): в 2 ч. / Нац. акад. наук Беларуси, Центр. ботан. сад; редкол.: В.В. Титок (гл. ред.) [и др.] / Минск : ЦБС НАН Беларуси, 2012. – Ч. 2. – С. 268–271.*

25. Sato, M. 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.

26. Ye-Su Song. Mapping of extreme resistance to PVY (*Rysto*) on chromosome XII using anther–culture–derived primary dihaploid potato lines / Ye-Su Song [et al.] // *Theor. Appl. Genet.* – 2005. – Vol. 111. – P. 879–887.

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

Поступила в редакцию 26.11.2015 г.

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

**RESISTANCE TO Y-VIRUS, INTROGRESSIVE IN DIPLOIDIC  
INTERSPECIFIC HYBRIDS FROM *SOLANUM STOLONIFERUM***

**SUMMARY**

*With the immuno fermental analysis help after artificial infection with Y-virus of potato the collection from 240 interspecific diploidic hybrids of potatoes received on the basis of the Mexican allotetraploid type of *Solanum stoloniferum* was estimated. It was shown that among them selection material with high resistance to viral infection which is steadily transferred to posterity at a backcrossing of digaploidama of cultural potato can be selected. Monogenic nature of inheritance of sign «extreme resistance to usual and necrotic strains of PVY», transferred to interspecific hybrids from *S. stoloniferum* is experimentally confirmed. Such nature of sign inheritance will allow using the received split populations of hybrids on the basis of *S. stoloniferum* for marking of a new factor of extreme resistance to PVY from this type of potato.*

*Key words:* potato, *Solanum stoloniferum* Schltdt., diploid interspecific hybrids, resistance to Y-virus, ELISA, extreme resistance genes (ER-genes), segregation.

УДК 631.21:631.526

**В.А. Козлов**

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

## **СОЗДАНИЕ ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА КАРТОФЕЛЯ, ПРИГОДНОГО ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ ПЕРЕРАБОТКИ**

### **РЕЗЮМЕ**

*В статье представлены результаты оценки дикорастущих видов и дигиплоидов картофеля по пригодности к промышленной переработке и созданию на их основе исходного материала по данному признаку.*

*Ключевые слова:* картофель, дикий вид, дигиплоид, межвидовой гибрид, переработка.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Картофель в настоящее время является третьей по значимости продовольственной сельскохозяйственной культурой в мире после пшеницы, риса, и его роль в питании человечества будет неуклонно возрастать. Переработка картофеля способствует более рациональному его использованию, сокращает потери в период хранения, увеличивает разнообразие потребляемых продуктов. В мире переработка картофеля на картофелепродукты получила широкое распространение. В США объем перерабатываемого картофеля достигает 75 %, Великобритании – 41, Германии – 22, России – 5 % [1]. В Беларуси данный показатель составляет около 2 %. Из картофеля изготавливают большое количество картофелепродуктов, отличающихся высокими вкусовыми качествами и питательной ценностью: обжаренный картофель (хрустящий картофель, чипсы, крекеры и др.); консервированный (картофель сульфитированный, в вакуумной упаковке, консервированный); замороженный (картофель гарнирный, фри, котлеты, шарики, биточки, вареники, клецки); сухой (картофель сушеный, пюре в виде хлопьев, гранул, крупки, полуфабрикат крекеров, пеллеты, крахмал); жидкий (квас, крахмальный сахар). Со снижением потребления населением картофеля в свежем виде количество картофеля, идущего для производства картофелепродуктов, значительно увеличится [2].

Однако не весь картофель пригоден для промышленной переработки. Для производства картофелепродуктов высокого качества необходимы сорта с определенными морфологическими, технологическими и биохимическими свойствами. Возможности селекции в этом направлении реализованы не в полной мере. Главным ее резервом является создание на основе диких видов исходного материала с низким содержанием редуцирующих сахаров, содержание

которых в клубнях во многом определяет качество продуктов переработки картофеля. Как правило, у большинства образцов картофеля редуцирующие сахара накапливаются во время хранения, и только у единичных форм их количество остается практически неизменным.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Материалом для исследований послужили дигиплоиды собственной селекции и селекции Украинского НИИ картофелеводства, дикие виды, полученные из Всероссийского института растениеводства, Немецко-Голландского Центра генетических ресурсов, Немецкого центра генетических ресурсов и Центра генетических ресурсов картофеля США, а также межвидовые гибриды, полученные на их основе.

Гибридизацию выполняли в условиях защищенного грунта.

Учет урожая и его структуру, определение содержания крахмала выполняли согласно Методике исследований по культуре картофеля [3].

Оценку образцов, пригодных к промышленной переработке, проводили согласно Методическим рекомендациям по специализированной оценке сортов картофеля [4]. О пригодности образцов судили по цвету хрустящего картофеля после 5 месяцев хранения.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

До недавнего времени считалось, что нет необходимости создавать специальный исходный материал для селекции картофеля на пригодность к промышленной переработке, поскольку пригодные образцы с достаточной частотой встречаются среди сортов и селекционных гибридов. Однако селекционеры выделили формы, не накапливающие редуцирующих сахаров при низких температурах хранения и, следовательно, не требующие рекондиционирования перед переработкой. Эти экспериментальные данные стимулировали развитие исследований по подбору и генетической оценке исходного материала для целенаправленной селекции картофеля, предназначенного для переработки на картофелепродукты.

Работа по созданию исходного материала, пригодного для промышленной переработки, была начата с выделения источников низкого содержания редуцирующих сахаров среди диких, примитивных культурных видов и дигиплоидов.

За период с 2006 по 2014 г. оценено 618 образцов 24 диких видов. В результате выделены формы с низким содержанием редуцирующих сахаров после пяти месяцев холодного хранения. В таблице 1 представлена характеристика видов картофеля, которые сформировали достаточно крупные клубни, необходимые для анализа, и которые были представлены десятью и более образцами.

В среднем за годы исследования высоким баллом готового продукта характеризовались образцы диких видов *S. pinnatisectum*, *S. chacoense* и *S. polytrichon*. Наименьшим коэффициентом вариации по данному признаку отличались формы вида *S. pinnatisectum* ( $V = 35,9$ ). Среди данного вида также выделен максимальный процент образцов с баллом готового продукта

Таблица 1 – Характеристика видов по пригодности к промышленной переработке на хрустящий картофель после 5 месяцев хранения без рекондиционирования

Дикий вид	X, балл	$\sigma$ , балл	V, %	Количество образцов с высоким (7–9) баллом хрустящего картофеля, %
<i>S. jamesii</i>	5,7	2,5	43,8	33,3
<i>S. pinnatisectum</i>	6,4	2,3	35,9	66,7
<i>S. commersonii</i>	4,0	2,2	55,0	0
<i>S. berthaultii</i>	3,2	1,8	56,2	18,4
<i>S. vernei</i>	5,4	2,4	44,4	35,7
<i>S. chacoense</i>	6,0	3,0	50,0	58,0
<i>S. sparsipilum</i>	3,9	2,1	53,8	0
<i>S. papita</i>	3,6	1,9	52,8	7,4
<i>S. tarijense</i>	5,5	2,3	41,8	27,3
<i>S. sucrense</i>	5,0	2,2	44,0	25,0
<i>S. polytrichon</i>	6,1	2,5	40,1	54,5
<i>S. microdontum</i>	2,4	3,2	58,3	5,4
<i>S. andigenum</i>	4,1	2,1	46,6	31,8
<i>S. rybinii</i>	4,6	1,6	34,7	27,2

7–9 (66,7 %). Для видов *S. chacoense*, *S. polytrichon* данный показатель составил соответственно 58,0 и 54,5 %. Среди видов *S. sparsipilum* и *S. commersonii* образцов с высоким качеством хрустящего картофеля после 5 месяцев хранения не выявлено. Высокие коэффициенты вариации по данному признаку у видов *S. jamesii*, *S. berthaultii*, *S. vernei*, *S. chacoense*, *S. sparsipilum*, *S. papita*, *S. tarijense*, *S. sucrense* и *S. microdontum* свидетельствуют о возможности поиска среди образцов данных видов источников пригодности к промышленной переработке.

Также оценено 89 образцов культурного вида *S. andigenum* и 23 формы примитивного культурного вида *S. rybinii* (= *S. phureja*). Коэффициент вариации по данному признаку составил для образцов *S. andigenum* – 46,6 %, для форм вида *S. rybinii* – 34,7 %, количество образцов с хорошим качеством готового продукта после 5 месяцев хранения без рекондиционирования – соответственно 31,8 и 27,2 %.

Среди первичных дигамплоидов по пригодности к промышленной переработке оценено 72 образца, полученных от сортов Юбель, Гарант, Ласунок, Гранат, Нортена, Атцимба, Полесский розовый, Полесский крахмалистый. По результатам оценки выделены формы, сочетающие в себе высокий балл готового продукта после 5 месяцев хранения без рекондиционирования со средней и повышенной продуктивностью (табл. 2).

Отобранные дигамплоиды и формы дикорастущих видов скрещивали между собой для получения диплоидных межвидовых гибридов, а в отдельных

Таблица 2 – Характеристика дигаплоидов по продуктивности и пригодности к промышленной переработке после пяти месяцев хранения

Дигаплоид	Сорт, от которого получен дигаплоид	Продуктивность, г/куст	Пригодность к промышленной переработке, балл
236/9	Полесский крахмалистый	359	7,0
230/10	Юбель	390	7,6
230/21	Юбель	376	8,6
226/3	Полесский крахмалистый	412	7,4
236/10	Юбель	384	7,0
233/1	Полесский розовый	404	7,6
234/3	Полесский розовый	371	8,0
Ласунок-8	Ласунок	384	8,3
Гарант-6	Гранат	397	8,0

случаях и тетраплоидных форм с высокой пригодностью к промышленной переработке.

Среди полученных гибридных популяций наиболее высокое количество гибридов картофеля, пригодных к промышленной переработке в сочетании с другими хозяйственно ценными признаками, отмечено при гибридизации дигаплоидов с образцами видов *S. chacoense*, *S. rybinii*, *S. vernei*, *S. berthaultii*, а также межвидовых гибридов *S. demissum* × *S. microdontum* и *S. berthaultii* × *S. brevicaulis*. Сравнение первичных дигаплоидов с диплоидными гибридами показало, что в среднем вторичные дигаплоиды (диплоидные гибриды) немного превосходят первичные по пригодности к промышленной переработке (табл. 3).

По результатам оценки выделены диплоидные гибриды с высоким баллом пригодности к промышленной переработке в сочетании с другими хозяйственно ценными признаками (табл. 4). Отобранные образцы формируют нередуцируемые 2n-гаметы в количестве, достаточном для их использования в мейотической полиплоидии.

Перевод перспективных вторичных дигаплоидов на тетраплоидный уровень осуществляли методами односторонней и двусторонней мейотической полиплоидии. В качестве компонентов скрещиваний использовали диплоидные гибриды, способные формировать мужские и/или женские 2n-гаметы, тетраплоидные сорта и гибриды и формы культурного вида *S. andigenum*,

Таблица 3 – Распределение дигаплоидов и диплоидных гибридов картофеля по пригодности к промышленной переработке на хрустящий картофель после 5 месяцев хранения

Коллекционные образцы	Цвет ломтиков хрустящего картофеля, %		
	1–5 баллов	5–7 баллов	7–9 баллов
Дигаплоиды	57	29	14
Диплоидные гибриды	48	34	18

Таблица 4 – Характеристика диплоидных гибридов картофеля, выделившихся по пригодности к промышленной переработке после 5 месяцев хранения

Диплоидный гибрид	Вид, на основе которого получен гибрид	Продуктивность, г/куст	Пригодность к промышленной переработке, балл
94.66-19	mcd, dms	601	8,6
202.61-5	plt, sto	477	8,6
202.48-3	mcd, dms	408	8,3
312/14	ryb	548	8,3
196/4	ryb	485	8,0
202.66-9	chc, vrn	524	7,6
214/11	ryb	576	7,6
202.36-16	chc, brc, ber	342	7,3
202.96-2	krz, vrn	412	7,3
202.35-6	chc, brc, ber	355	7,0
202.79-3	chc, dms	512	7,0
202.48-12	mcd, dms	372	7,0

отобранные по признаку «пригодность к промышленной переработке» и другим хозяйственно ценным признакам. Полученные от разных диких и культурных видов тетраплоидные гибриды скрещивали между собой для достижения максимальной гетерозиготности и беккроссировали селекционными сортами и гибридами. В результате проделанной работы выделено 11 образцов, которые рекомендованы в качестве исходных форм в селекции на пригодность к промышленной переработке (табл. 5).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Максимальное количество образцов с высоким баллом хрустящего картофеля после 5 месяцев хранения выделено у видов *S. pinnatisectum*, *S. chacoense* и *S. polytrichon*.

Среди диплоидных межвидовых гибридов наибольшее количество образцов, пригодных к переработке в сочетании с другими хозяйственно ценными признаками, отмечено в комбинациях, полученных от скрещиваний дигаметоидов с образцами видов *S. chacoense*, *S. rybinii*, *S. vernei*, *S. berthaultii*, а также гибридов *S. demissum* × *S. microdontum* и *S. berthaultii* × *S. brevicaulis*.

Выделено 12 межвидовых гибридов, способных формировать 2n-гаметы, являющиеся источниками низкого содержания редуцирующих сахаров.

Создано 11 межвидовых гибридов, которые рекомендуются в качестве исходных форм в селекции на пригодность к промышленной переработке.

## Список литературы

1. Шабета, М.П. Новые технологии в производстве картофелепродуктов / М.П. Шабета, З.А. Соколова // Новые технологии в пищевой промышленности: тез. докл. науч. конф., Минск, 2–4 окт. 2002 г. – Минск, 2002. – С. 44–45.

Таблица 5 – Характеристика гибридов картофеля, рекомендованных в качестве исходных форм в селекции на пригодность к промышленной переработке

Гибрид	Группа спелости	Вид, на основе которого получен гибрид	Содержание крахмала, %	Продуктивность, г/куст	Цвет хрустящего картофеля после 5 месяцев хранения, балл
206.161-11	с.п.	phu, ber, vrn	20,2	1883	8,0
204.15-62	п.	sto, adg, dms, vrn, ryb, mcd	16,5	1715	8,0
208.5a-15	с.п.	imc, phu, acl, chc, vrn, ber	18,2	1283	7,8
206.3-1	с.с.	adg, ryb, vrn	14,2	1316	7,8
207.78-18	с.п.	chc	17,6	1421	7,8
200.51-1	с.с.	vrn, ryb, ber	13,8	1213	7,8
200.170-10	п.	vrn, phu, adg	17,2	1293	7,4
205.40-17	с.с.	adg, brvc, chc, ber	17,1	1601	7,2
207.24-3	п.	ryb, adg	18,4	1060	7,2
203.178-5	с.п.	adg	16,4	1658	7,2
205.181-17	с.п.	ryb	16,8	1514	7,0
93.52-55	п.	adg	18,6	1042	7,0

Примечание. П. – поздний, с.с. – среднеспелый, с.п. – среднепоздний.

2. Горпинченко, Т.В. Качество сортов картофеля как сырья для производства хрустящего картофеля / Т.В. Горпинченко, М.А. Земцова, М.А. Осанова // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2000. – № 3. – С. 31–35.

3. Методика исследования по культуре картофеля / НИИКХ. – М.: Колос, 1967. – 225 с.

4. Методические рекомендации по специализированной оценке сортов картофеля / Министерство с. х. и продовольствия Республики Беларусь; сост. С.А. Банадысев [и др.]. – Минск, 2003. – 79 с.

Поступила в редакцию 06.11.2015 г.

V.A. KOZLOV

## CREATION OF POTATO INITIAL MATERIAL SUITABLE FOR INDUSTRIAL PROCESSING

### SUMMARY

*This article presents the research results of dihaploids, wildlife and cultivated potato varieties regarding their applicability for industrial processing and creating source materials.*

*Key words:* potato, wildlife varieties, dihaploids, interspecific hybrid, processing.

УДК 635.21:631.526.32:632.411.44

**И.А. Шутинская, Е.А. Забавнюк**

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

## **ИЗУЧЕНИЕ СОРТОВ КОЛЛЕКЦИИ МИРОВОГО ГЕНОФОНДА КАРТОФЕЛЯ ПО УСТОЙЧИВОСТИ К ЧЕРНОЙ НОЖКЕ**

### **РЕЗЮМЕ**

*В статье представлены результаты исследований по изучению устойчивости сортов коллекции мирового генофонда картофеля к черной ножке. Отобрано 18 сортообразцов, которые могут быть использованы в селекции в качестве источников устойчивости к патогену*

*Ключевые слова:* картофель, сорт, черная ножка, клубни, стебли, устойчивость.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Бактериальные заболевания наносят большой вред производству как товарного, так и семенного картофеля. В Республике Беларусь наиболее распространенным бактериальным заболеванием является черная ножка, которая встречается повсеместно и характеризуется высокой вредоносностью. Наиболее эффективным способом борьбы с заболеванием является выведение устойчивых к данному бактериозу сортов. Создание таких сортов возможно только при наличии разнообразных генетических источников, одним из которых являются сорта картофеля, выведенные в различных селекционных учреждениях мира с использованием как культурных, так и диких видов [1].

Целью нашей работы являлось изучение сортов мирового генофонда картофеля по устойчивости к возбудителям черной ножки и выделение среди них источников устойчивости к патогену.

### **МЕТОДИКА И МАТЕРИАЛЫ**

Исследования проводили в РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству». Материалом для исследований служили сорта, полученные из коллекции Всероссийского института растениеводства им. Вавилова.

Метеорологические условия 2011–2013 гг. в целом были благоприятными для выращивания картофеля, хотя и контрастными.

Весна 2011 г. была ранней, с перепадами температуры и избыточным увлажнением почвы. Лето было теплым: средняя температура за летний сезон составила +18,9 °С, превысив климатическую норму на 2,1 °С, за летний период в среднем выпало 279 мм осадков, что составляет 114 % климатической нормы за сезон.

Вегетационный период 2012 г. отмечен большим количеством осадков и повышенной среднесуточной температурой, что способствовало развитию черной ножки в посадках картофеля.

Весна 2013 г. была поздней, с обильными осадками и перепадами температур. Июнь был самым дождливым месяцем со среднемесячной температурой +19 °С. Данные погодные условия являлись оптимальными для развития черной ножки на посадках картофеля.

Заражение стеблей и клубней проводили смесью штаммов возбудителей болезни *Pectobacterium carotovorum subsp. carotovorum* и *Pectobacterium carotovorum subsp. atrosepticum*.

Устойчивость ботвы картофеля к черной ножке оценивали в лабораторных условиях путем искусственного заражения свежесрезанных стеблей в фазу бутонизации и цветения [2]. Срезанные стебли помещали в суспензию культуры возбудителей болезни в концентрации  $10^7$  бактериальных клеток на 1 мл дистиллированной воды. Инокулированный материал выдерживали при +24 °С. Учет заражения проводили на четвертые сутки по 9-балльной шкале: 9 – отсутствие заражения; 7 – слабое заражение с незначительным увяданием и пожелтением стеблей и листьев без загнивания стебля; 5 – среднее заражение с сильно выраженным увяданием, пожелтением листьев, слабым потемнением и загниванием стебля; 3 – сильное заражение с загниванием и изменением окраски стеблей; 1 – полное загнивание стеблей.

Лабораторную оценку образцов по устойчивости клубней к возбудителям черной ножки проводили согласно методическим рекомендациям Н.А. Дорожкина и др. [3]. Целые клубни повреждали в столонной части металлическим штампом на глубину 1 см. В полученные углубления пипеткой вводили 0,5 мл бактериальной суспензии 1–2-суточной культуры возбудителя болезни в концентрации  $0,5 \times 10^8$  бактериальных клеток в 1 мл стерильной дистиллированной воды. Место повреждения замазывали техническим вазелином. После инокуляции клубни помещали в полиэтиленовые пакеты и выдерживали при температуре +24 °С в течение 7 суток. Учет развития поражения тканей клубня проводили по следующей шкале: 9 баллов – без признаков поражения; 8 – очень малый некроз; 7 – средний некроз; 6 – сильный некроз; 5 – есть признаки мокрой гнили; 4 – зона загнивания тканей клубня до 30 %; 3 – зона загнивания тканей клубня до 50 %; 2 – зона загнивания тканей клубня до 70 %; 1 балл – зона загнивания тканей клубня >70 %.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Всего по устойчивости к возбудителям черной ножки за период 2011–2013 гг. было изучено 86 сортообразцов, из них: 14 – ранней, 20 – среднеранней, 16 – среднеспелой, 20 – среднепоздней и 16 поздней групп спелости. Результаты оценки коллекционных сортов по устойчивости к патогену представлены в таблице 1.

Анализ данных показал, что в среднем устойчивость сортов разных групп спелости к черной ножке по клубням приблизительно одинакова и находится

Таблица 1 – Результаты оценки сортов мирового генофонда картофеля по устойчивости к возбудителям черной ножки

Группа спелости сортов	Балл устойчивости				Среднее арифметическое $\bar{X}$ , балл		Среднее квадратическое отклонение, $\delta$ , балл		Коэффициент вариации, $v$ , %	
	клубни		стебли							
	min	max	min	max	клубни	стебли	клубни	стебли	клубни	стебли
Ранние	4,2	7,1	1,0	6,8	5,9	4,8	0,8	1,6	13,5	33,3
Среднеранние	3,5	8,0	3,0	6,0	6,1	4,5	1,3	0,9	21,3	20,0
Среднеспелые	4,1	7,9	2,4	8,2	6,4	5,0	1,0	1,3	15,6	23,6
Среднепоздние	3,5	7,7	3,0	8,2	5,8	4,9	1,1	1,2	18,9	24,5
Поздние	4,6	7,5	3,0	7,8	6,0	5,4	1,0	1,6	16,7	29,6

в диапазоне 5,0–6,9 баллов. Немного ниже, но также незначительно по группам спелости среднее арифметическое значение устойчивости по стеблям – 4,5–5,4 балла.

Минимальным значением устойчивости по стеблям характеризовались сорта ранней группы спелости (1,0), максимальным – среднепоздние сорта (8,2). По клубням минимальное значение устойчивости отмечено у сортов среднеранней и среднепоздней групп спелости, максимальное – у сортов среднеранней группы спелости.

В среднем за три года отмечены более низкие значения коэффициента вариации в показателях устойчивости сортов картофеля к черной ножке по клубням. Наименьшим варьированием признака характеризовались сорта ранней группы спелости (13,5 %). Невысокий коэффициент вариации свидетельствует о достаточно эффективном генетическом контроле изучаемого признака. Однако значение коэффициента вариации сортов ранней группы является наибольшим в показателях устойчивости по стеблям – 33,3 %. Среднепоздние сорта отличаются относительно невысоким значением коэффициента вариации по двум изучаемым признакам: клубни – 15,6 %, стебли – 23,6 %.

Для более детального анализа полученных данных образцы были разбиты в группы по степени устойчивости. В первую группу вошли сорта с баллом поражения от 1,0 до 2,9 – очень низкая устойчивость; во вторую – от 3,0 до 4,9 – низкая устойчивость; в третью – от 5,0 до 6,9 – средняя устойчивость; в четвертую – от 7,0 до 7,9 – относительно высокая устойчивость; в пятую – от 8,0 до 8,9 – высокая устойчивость и в шестую – балл 9,0 – очень высокая устойчивость (табл. 2).

В среднем за три года большинство изучаемых сортов показали низкую устойчивость по стеблям. Немного меньший процент образцов характеризовался средним баллом устойчивости. Относительно высокая устойчивость отмечена у 31,2 % образцов из поздней группы спелости. Очень низким баллом устойчивости характеризовались 7,1 % ранних и 6,2 % среднепоздних сортов образцов. Высоким – 6,2 % среднепоздних и 5,0 % среднепоздних сортов.

За годы исследований сорта не показали очень низкую устойчивость к возбудителям черной ножки по клубням. Высокий балл устойчивости отмечен

РАЗДЕЛ 2. ИСХОДНЫЙ МАТЕРИАЛ

Таблица 2 – Распределение сортов мирового генофонда по устойчивости клубней к возбудителям черной ножки

Группа спелости сортов	Степень устойчивости, %											
	очень низкая		низкая		средняя		относительно высокая		высокая		очень высокая	
	ст.	кл.	ст.	кл.	ст.	кл.	ст.	кл.	ст.	кл.	ст.	кл.
Ранние	7,1	0	42,9	7,1	50,0	78,6	0,0	14,3	0,0	0,0	0	0
Среднеранние	0,0	0	65,0	20,0	35,0	50,0	0,0	15,0	0,0	15,0	0	0
Среднеспелые	6,2	0	43,8	12,5	43,8	62,5	0,0	25,0	6,2	0,0	0	0
Среднепоздние	0,0	0	50,0	15,0	40,0	70,0	5,0	15,0	5,0	0,0	0	0
Поздние	0,0	0	37,6	18,8	31,2	62,4	31,2	18,8	0,0	0,0	0	0

Примечание. Ст. – стебли, кл. – клубни.

в группе среднеранних сортов. В среднем наибольший процент образцов показал устойчивость в 5,0–6,9 балла. Из всего количества опытных образцов 17,6 % характеризовались относительно высокой устойчивостью, 14,7 % – низкой.

Очень высокого балла устойчивости к черной ножке не отмечено ни по одному изучаемому признаку, ни в одной группе спелости. Это совпадает с мнением многих исследователей, что абсолютно устойчивых сортов к данному бактериозу нет.

В результате выполненных исследований за 2011–2013 гг. выделено 3 сорта с высокой устойчивостью и 15 сортов с относительно высокой устойчивостью к черной ножке по клубням. Из них 7 сортов характеризуются средней устойчивостью к изучаемому патогену по стеблям (табл. 3).

Таблица 3 – Сорта картофеля, выделенные по устойчивости к черной ножке

№ п/п	Сорт	Группа спелости	Устойчивость к черной ножке, балл	
			клубни	стебли
1.	Лисоня	Поздняя	7,2	6,0
2.	Подалья	Среднеранняя	7,4	5,8
3.	Passat	Среднеранняя	7,0	5,6
4.	Партнер	Среднепоздняя	7,7	5,6
5.	Надийна	Среднеспелая	7,8	5,5
6.	Звиздаль	Среднеспелая	7,3	5,2
7.	Рoko N	Среднепоздняя	7,5	5,2
8.	Вернісаж	Среднеспелая	7,9	4,9
9.	Довира	Среднеспелая	7,0	4,8
10.	Gogu valley	Поздняя	7,5	4,7
11.	Фальварак	Среднеранняя	7,4	4,6
12.	Gracja N	Среднеранняя	8,0	4,4
13.	Тирас	Ранняя	7,1	4,2
14.	Кімерея	Среднеранняя	8,0	4,2
15.	Vienna N	Ранняя	7,0	4,0
16.	Мандрівниця	Среднепоздняя	7,3	4,0
17.	Полянка	Среднеранняя	8,0	3,2
18.	Kormoran	Поздняя	7,5	3,0

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В результате выполненных исследований отмечено более низкое значение коэффициента вариации у сортов всех групп спелости по признаку «устойчивость образцов к возбудителям черной ножки по клубням». Сорта среднеспелой группы спелости отличаются относительно невысоким значением коэффициента вариации по двум изучаемым признакам (клубни – 15,6 %, стебли – 23,6 %), что свидетельствует о достаточно эффективном генетическом контроле изучаемого признака.

В среднем за три года большинство изучаемых образцов показали низкую устойчивость по стеблям. Высокий балл устойчивости отмечен в группе среднеранних сортов. В среднем наибольший процент образцов показал устойчивость в 5,0–6,9 балла.

Абсолютно устойчивых образцов к возбудителям черной ножки не отмечено ни по одному изучаемому признаку ни в одной группе спелости.

По результатам выполненных исследований за 2011–2013 гг. выделено 3 сорта с высокой устойчивостью и 15 сортов с относительно высокой устойчивостью к черной ножке по клубням. Из них 7 сортов характеризуются средней устойчивостью к изучаемому патогену по стеблям. Это свидетельствует о возможности использования данных образцов в селекции картофеля для создания высокоустойчивых по изучаемым признакам сортов различных групп спелости.

**Список литературы**

1. Иванюк, В.Г. Пути оптимизации фитосанитарного состояния картофеля в условиях Беларуси / В.Г. Иванюк // Земляробства і ахова раслін. – 2004. – № 2. – С. 40–44.
2. Шнейдер, Ю.И. Бактериозы картофеля, вызываемые бактериями родов *Pectobacterium*, *Pseudomonas* и *Bacillus* : автореф. дис. ... д-ра биол. наук: 540 / Ю.И. Шнейдер ; Моск. гос. ун-т им. М. В. Ломоносова. – М., 1972. – 71 с.
3. Дорожкин, Н.А. Эффективный метод оценки устойчивости картофеля к черной ножке / Н.А. Дорожкин, И.В. Генералова // Селекция и семеноводство. – 1981. – № 2. – С. 9–10.

Поступила в редакцию 13.11.2015 г.

I.A. SHUTINSKAYA, E.A. ZABAVNYUK

**POTATO VARIETY RESEARCH OF WORLD COLLECTIONS FOR RESISTANCE TO DAMPING-OFF**

**SUMMARY**

*The research results of potato varieties resistance to damping-off are presented in the article. In general, 18 sort-samples which can be used in selection as resistance sources of pathogen are selected.*

*Key words:* potato, variety, damping-off, tubers, stems, resistance.

УДК 635.21:631.526:632.411.44

**И.А. Шутинская**

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

**ИЗУЧЕНИЕ ДИКИХ ВИДОВ КАРТОФЕЛЯ ПО  
УСТОЙЧИВОСТИ К ЧЕРНОЙ НОЖКЕ ПО СТЕБЛЯМ****РЕЗЮМЕ**

В статье представлены результаты исследований за 2011–2013 гг. по изучению устойчивости образцов диких видов картофеля к черной ножке по стеблям. По результатам работы отобрано 4 формы с относительно высокой устойчивостью к изучаемому патогену, которые могут быть использованы в качестве источников устойчивости.

*Ключевые слова:* картофель, дикие виды, черная ножка, источники устойчивости.

**ВВЕДЕНИЕ**

В Республике Беларусь картофель является одной из основных сельскохозяйственных культур. Он широко используется как продовольственная, техническая и кормовая культура, увеличивается доля его переработки на полуфабрикаты. Однако картофель принадлежит к числу культур, в сильной степени поражаемых болезнями. В последние годы в республике возросла вредоносность бактериальных заболеваний, наиболее распространенным из которых является черная ножка [1]. Основными возбудителями болезни являются *Pectobacterium carotovorum subsp. carotovorum* (Jones, 1901) и *Pectobacterium carotovorum subsp. atrosepticum* (van Hall, 1903).

Черная ножка встречается повсеместно и характеризуется высокой вредоносностью. При несоблюдении агротехнических мероприятий возделывания картофеля, использовании для посадки низкокачественных семян и при благоприятных погодных условиях, способствующих развитию патогена, потери урожая данной культуры могут достигать 50–75 % [2]. Вредоносность черной ножки проявляется в изреживании посадок картофеля, снижении продуктивности растений, ухудшении семенных и товарных качеств, загнивании клубней при хранении. При поражении 5 % растений черной ножкой в период хранения теряется до 20 % и более убранный урожай [3].

При столь значимой вредоносности и широкой распространенности черной ножки организация и проведение защитных мероприятий против заболевания затруднительны. Применение химического метода ограничивается, поскольку возбудители болезни находятся как на поверхности, так и внутри клубней. В связи с этим основным приемом борьбы с заболеванием считается выведение и внедрение в производство высокоустойчивых к данному

бактериозу сортов картофеля [3, 4]. Создание таких сортов возможно только при наличии разнообразных генетических источников.

Целью нашей работы являлось изучение диких видов картофеля по устойчивости к возбудителям черной ножки по стеблям и выделение среди них источников устойчивости к патогену.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Исследования проводили в РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству». Материалом для исследований служили дикие виды картофеля из коллекции Украинского НИИ картофельного хозяйства.

Для определения степени устойчивости картофеля к возбудителям черной ножки разработаны различные методы, основанные на искусственном заражении клубней и стеблей. Нами использовался метод заражения свежесрезанных стеблей смесью штаммов возбудителей болезни: 15.1 – *Pectobacterium carotovorum subsp. carotovorum* и 39/1; 27.2; 21a – *Pectobacterium carotovorum subsp. atrosepticum*. В лабораторных условиях проводили искусственное заражение свежесрезанных стеблей в фазу цветения, которые помещали в суспензию культуры возбудителей болезни концентрации  $10^7$  бактериальных клеток в 1 мл [5]. Температура в условиях заражения +24 °С. Учет заражения проводили на четвертые сутки по 9-балльной шкале: 9 – отсутствие заражения; 7 – слабое заражение с незначительным увяданием и пожелтением стеблей и листьев без загнивания стебля; 5 – среднее заражение с сильно выраженным увяданием, пожелтением листьев, слабым потемнением и загниванием стебля; 3 – сильное заражение с загниванием и изменением окраски стеблей; 1 – полное гнивание стеблей.

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

По изучению устойчивости диких видов картофеля к черной ножке по стеблям в 2011–2013 гг. нами проведено заражение 39 образцов 39 видов картофеля из коллекции Украинского НИИ картофельного хозяйства.

В 2011 г. в ходе исследований по устойчивости к черной ножке по стеблям очень низким баллом характеризовались 28,6 % образцов, низким – 19,0; средним – 38,1; относительно высоким – 14,3 %. С относительно высоким баллом устойчивости (7,0) выделено 5 образцов: 101962 (*S. cardiophyllum*), 102170 (*S. stoloniferum*), 102215 (*S. trifidum*), 102235 (*S. clarum*), 102324 (*S. neocardimasii*) (табл. 1).

Высокая устойчивость к черной ножке в 2012 г. отмечена у образца 102216 вида *S. vallis-mexici* (8,2 балла), несколько ниже (8,0) – у образца 102245 вида *S. pamiricum*. С устойчивостью 7,0–7,8 баллов выделено 13 образцов. С баллом устойчивости 5,0–6,9 выделено 11 образцов, 10 образцов показали низкую устойчивость (2,3–4,9 балла).

По результатам заражения 2013 г. было выделено два образца с высоким баллом устойчивости: 102093 – *S. microdontum* (8,4 балла), 102152 *S. polytrichon*

РАЗДЕЛ 2. ИСХОДНЫЙ МАТЕРИАЛ

Таблица 1 – Устойчивость образцов диких видов картофеля к черной ножке по стеблям, 2011–2013 гг.

№ п/п	Дикий вид	Коллекционный номер образца	Балл устойчивости к черной ножке по стеблям			
			2011 г.	2012 г.	2013 г.	Средний за 3 года
1.	<i>S. agrimonifolium</i>	101920	1,0	4,0	7,6	4,2
2.	<i>S. berthaultii</i>	101924	5,0	3,0	7,0	5,0
3.	<i>S. boliviense</i>	101926	1,6	5,0	7,6	4,7
4.	<i>S. brachycarpum</i>	101931	1,0	7,0	7,0	5,0
5.	<i>S. bucasovii</i>	101935	1,0	7,0	–	2,7
6.	<i>S. bulbocastanum</i>	101940	7,0	2,3	7,0	5,4
7.	<i>S. cardiophyllum</i>	101962	7,0	6,2	7,0	6,7
8.	<i>S. demissum</i>	101974	–	3,7	3,0	2,2
9.	<i>S. fendleri</i>	102045	5,0	7,8	7,6	6,8
10.	<i>S. guerreroense</i>	102048	5,8	3,7	3,0	4,2
11.	<i>S. hjertingii</i>	102050	4,4	6,2	6,6	5,7
12.	<i>S. hougasii</i>	102062	1,0	–	7,6	2,9
13.	<i>S. michoacanum</i>	102086	5,8	7,0	7,0	6,6
14.	<i>S. microdontum</i>	102093	3,0	–	8,4	3,8
15.	<i>S. papita</i>	102110	5,8	7,0	–	4,3
16.	<i>S. pinnatisectum</i>	102131	5,6	7,6	7,0	6,7
17.	<i>S. polyadenium</i>	102142	1,6	5,7	7,6	5,0
18.	<i>S. polytrichon</i>	102152	5,6	5,8	8,4	6,6
19.	<i>S. sanctae-rosae</i>	102154	5,0	6,2	7,0	6,1
20.	<i>S. simplisifolium</i>	102158	4,4	5,8	7,0	5,7
21.	<i>S. stoloniferum</i>	102170	7,0	7,6	7,0	7,2
22.	<i>S. tarijense</i>	102211	3,0	7,4	7,0	5,8
23.	<i>S. trifidum</i>	102215	7,0	4,2	7,6	6,3
24.	<i>S. vallis-mexici</i>	102216	2,3	8,2	7,0	5,8
25.	<i>S. verrucosum</i>	102221	5,0	–	7,6	4,2
26.	<i>S. neoantipoviczii</i>	102234	6,4	7,6	7,0	7,0
27.	<i>S. clarum</i>	102235	7,0	7,0	7,0	7,0
28.	<i>S. okadae</i>	102238	3,0	5,8	7,0	5,3
29.	<i>S. neocardenasii</i>	102324	7,0	7,7	7,0	7,2
30.	<i>S. parodii</i>	102239	5,6	7,0	–	4,2
31.	<i>S. teaxcalense</i>	102240	1,6	5,6	7,6	4,9
32.	<i>S. abancayense</i>	102241	5,4	4,0	7,0	5,5
33.	<i>S. neorosii</i>	102242	1,6	6,3	7,6	5,2
34.	<i>S. boegeri</i>	102243	3,0	6,0	5,6	4,9
35.	<i>S. pamiricum</i>	102245	1,0	8,0	5,0	4,7
36.	<i>S. saetense</i>	102246	5,6	7,0	7,0	6,5
37.	<i>S. subtilius</i>	102247	1,6	4,0	7,6	4,4
38.	<i>S. garsiae</i>	102248	6,4	4,3	7,0	5,9
39.	<i>S. coriaceifolialamum</i>	102250	–	4,2	7,0	3,7

(8,4 балла). В 2013 г. в среднем образцы характеризовались более высоким баллом устойчивости к черной ножке.

По результатам трехлетних исследований выделены образцы:

– с нестабильным баллом устойчивости к черной ножке: 101920 – *S. agrimonifolium*, 101926 – *S. boliviense*, 102142 – *S. polyadenium*, 102158 – *S. simplisifolium*, 102240 – *S. texcalense*, 102242 – *S. neorosii*, 102245 – *S. pamiricum*, 102247 – *S. subtilius*, 102248 – *S. garsiae*;

– с нестабильным относительно высоким баллом устойчивости: 101931 – *S. brachycarpum*, 101940 – *S. bulbocastanum*, 101962 – *S. cardiophyllum*, 102045 – *S. fendleri*, 102086 – *S. michoacanum*, 102131 – *S. pinnatisectum*, 102211 – *S. tarijense*, 102216 – *S. vallis-mexici*, 102246 – *S. saetense*;

– со стабильно невысокой устойчивостью: 101924 – *S. berthaultii*, 101974 – *S. demissum*, 102048 – *S. guerreroense*, 102050 – *S. hjertingii*, 102152 – *S. polytrichon*, 102154 – *S. sanctae-rosae*, 102238 – *S. okadae*, 102241 – *S. abancayense*, 102243 – *S. boegeri*;

– со стабильной относительно высокой устойчивостью к изучаемому патогену: 102324 вида *S. neocardenasii* (7,2), 102235 вида *S. clarum* (7,0), 102234 вида *S. neoantipoviczii* (7,0), 02170 вида *S. stoloniferum* (7,2).

За три года исследований образцов со стабильно высокой устойчивостью к черной ножке по стеблям выделено не было. В 2012 и 2013 гг. отмечен приблизительно одинаковый процент гибридов (5,1 и 5,2 соответственно) с высоким баллом устойчивости к патогену, в 2011 г. большинство изученных образцов имели очень низкую устойчивость к черной ножке (табл. 2).

Анализ среднего (за три года) балла устойчивости гибридов к черной ножке по стеблям показал, что большинство образцов диких видов картофеля имеют среднюю устойчивость (5,0–6,9 балла).

Таблица 2 – Распределение образцов картофеля по степени устойчивости к черной ножке по стеблям, 2011–2013 гг.

Год исследований	Распределение образцов по степени устойчивости, %					
	очень низкая	низкая	средняя	относительно высокая	высокая	очень высокая
2011	28,6	19,0	14,3	14,3	0,0	0,0
2012	2,6	25,6	30,8	35,9	5,1	0,0
2013	0,0	5,2	8,0	81,6	5,2	0,0
2011–2013	13,6	29,5	47,7	9,2	0,0	0,0

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам оценки устойчивости к черной ножке по стеблям установлено, что большинство образцов диких видов картофеля отмечаются средним баллом устойчивости (5,0–6,9).

За 2011–2013 гг. исследований выделены гибриды с относительно высокой устойчивостью к изучаемому патогену: 102324 вида *S. neocardimasii* (7,2),

102235 вида *S. clarum* (7,0), 102234 вида *S. neoantipovicii* (7,0), 02170 вида *S. stoloniferum* (7,2), которые могут служить источником устойчивости к черной ножке по стеблям.

#### Список литературы

1. Иванюк, В.Г. Пути оптимизации фитосанитарного состояния картофеля в условиях Беларуси / В.Г. Иванюк // Земляробства і ахова раслін. – 2004. – № 2. – С. 40–44.
2. Израильский, В.П. Бактериальные болезни / В.П. Израильский. – М.: Колос, 1979. – 289 с.
3. Малиновская, Л.В. Создание исходных форм картофеля, устойчивых к бактериальным заболеваниям / Л.В. Малиновская // Картофелеводство: сб. науч. тр. / БелНИИ картофелеводства. – Минск, 2000. – Вып.10. – С. 81–85.
4. Тимошенко, Т.В. Оцінка та створення селекційного матеріалу картоплі, стійкого проти *Erwinia carotovora* var. *atroseptica* (van. hall) dye / Т.В. Тимошенко // Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.05. – Київ, 1997. – 23 с.
5. Иванюк, В.Г. Защита картофеля от болезней, вредителей и сорняков / В.Г. Иванюк, С.А. Банадысев, Г.К. Журомский. – Минск, 2005. – 695 с.

Поступила в редакцию 13.11.2015 г.

I.A. SHUTINSKAYA

## WILDLIFE POTATO VARIETIES RESEARCH OF RESISTANCE TO DAMPING-OFF ON THE STEMS

### SUMMARY

*The research results (2011–2013) of wildlife potato varieties resistance to damping-off on the stems are presented in the article. At the end of the research 4 forms with high resistance to the studied pathogen which can be used as resistance sources are selected.*

*Key words:* potato, wildlife varieties, damping-off, resistance sources.

УДК 635.21:632.444.2:631.524.86

**А.В. Чашинский**

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

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕКСИКАНСКИХ ВИДОВ *S. STOLONIFERUM* И *S. POLYTRICHON* ПРИ СОЗДАНИИ ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА, УСТОЙЧИВОГО К ФИТОФТОРОЗУ**

### **РЕЗЮМЕ**

На основании видов *S. polytrichon*, *S. stoloniferum*, *S. vernei*, *S. rybinii* и *S. andigenum* получены перспективные межвидовые гибриды для селекции на фитопфтороустойчивость. Использование в качестве посредников видов *S. vernei*, *S. andigenum*, а также межвидового гибрида *S. vernei* x *S. rybinii* позволило получить перспективные исходные формы для селекции. В качестве исходных форм для селекции на фитопфтороустойчивость рекомендуются гибриды 190-07-14, 223-07-6 и 94-08-6. По результатам многолетних исследований в 2015 г. выделен перспективный гибрид 69-09-20 с относительно высокой устойчивостью к фитопфторозу листьев и очень высокой устойчивостью клубней, хорошими хозяйственными показателями, который рекомендуется в качестве исходной формы для селекции картофеля на фитопфтороустойчивость.

*Ключевые слова:* селекция, картофель, дикие виды, устойчивость, фитопфтороз.

### **ВВЕДЕНИЕ**

В Республике Беларусь фитопфтороз картофеля по-прежнему является одним из самых опасных заболеваний картофеля, эпифитотийное или умеренно эпифитотийное развитие которого наблюдается практически ежегодно. Поражение ботвы картофеля фитопфторозом приводит к снижению урожая. Кроме того, *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary наносит и прямой ущерб за счет поражения клубней до и во время уборки и последующего загнивания и развития на них сапрофитных организмов в период хранения. В годы с сильным поражением ботвы и клубней урожай может снижаться на 50–80 % [1].

Оомицет *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary способен поражать картофель на протяжении всей вегетации, начиная со времени появления всходов, до естественного отмирания ботвы. Зачастую первые признаки фитопфтороза в посадках картофеля появляются, начиная с третьей декады мая [1]. В отдельные годы при благоприятных погодных условиях для развития фитопфтороза на опытном участке, где защитные мероприятия против фитопфтороза не проводятся, появление заболевания все чаще отмечается в третьей декаде июня (фаза

всходы – бутонизация) его развитие принимает характер эпифитотии. Во второй – третьей декадах июля поражение фитофторозом некоторых неустойчивых образцов достигает 100 %, и при уборке у отдельных форм не отмечается образования клубней.

Появление в республике А<sub>2</sub>-типа совместимости также значительно усугубило вредоносность фитофтороза, повысило его адаптационный потенциал к факторам внешней среды. Значительно усложнился расовый состав, расширился спектр вирулентности, повысилась агрессивность патогена, резистентность к существующим фунгицидам [2, 3].

Опасность фитофторы обусловлена ее высокой внутривидовой изменчивостью. Во время эпидемии образуется гигантское споровое облако. По данным Ю.Т. Дьякова, частота спонтанных мутаций по одному локусу на 1 га достигает 1000. Значит, независимо от наличия или отсутствия половой рекомбинации один мутационный процесс способен обеспечить необходимый для всевозможных адаптаций уровень изменчивости [4].

В борьбе с фитофторозом существуют два основных способа: 1 – создание высокоустойчивых гибридов и сортов картофеля на основе диких видов и межвидовых гибридов, 2 – использование химических средств защиты. Применение последнего имеет ряд серьезных недостатков. Мировой рынок пестицидов оценивается в сумму, близкую к 30 млрд долл. ежегодно, и продолжает расти. В современном сельском хозяйстве используется около 600 тыс. т пестицидов. Это, в свою очередь, приводит к поражению природных экосистем, уменьшает биологическую продуктивность фитоценозов, способствует уничтожению наряду с вредными организмами полезной микрофлоры и микрофауны, нарушает биологическое равновесие в природе. Использование одного и того же препарата вызывает появление резистентных рас патогена. Известно, что более 110 видов наиболее опасных фитопатогенов стали высокоустойчивыми к 50 наиболее распространенным фунгицидам [5]. Кроме того, применение фунгицидов требует большого количества специальной техники и рабочей силы.

Наиболее экономически и экологически оправданным способом борьбы с фитофторозом является создание сортов, обладающих высокой степенью устойчивости к болезни, результативность селекции которых напрямую определяется наличием соответствующего высокоустойчивого исходного материала, и, что очень важно, со сложной, ранее не используемой генетической структурой, определяющей как расширение спектра устойчивости, так и ее стабильность. Решить эту задачу возможно путем интрогрессии родичей культурного картофеля *S. tuberosum* из Северной и Центральной Америки и использования их в селекционных программах. Дикие и культурные виды картофеля являются богатейшими источниками устойчивости картофеля к болезням, вредителям и экстремальным факторам внешней среды [6, 7, 8, 9, 10].

Поэтому широкое использование генофонда картофеля, устойчивого к возбудителю фитофтороза, позволит получить принципиально новый исходный материал для селекции на фитофтороустойчивость.

**МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА**

Исследования проводили в течение 1998–2014 гг.

В своей работе для создания нового исходного материала, устойчивого к фитофторозу, использовали виды *S. polytrichon*, *S. stoloniferum*, *S. vernei*, *S. rubinii* и *S. andigenum*. Образцы диких видов картофеля были предоставлены сотрудниками лаборатории биотехнологии Центра, Всероссийского института растениеводства им. Н.И. Вавилова (ВИР), Института генетических ресурсов Германии (IPK), Немецко-Голландского Центра генетических ресурсов (CGN), Центра генетических ресурсов картофеля США. Для беккроссирования сложных межвидовых гибридов были взяты формы, устойчивые к грибным, вирусным и бактериальным заболеваниям в сочетании с другими хозяйственно ценными признаками, созданные в отделе селекции и лаборатории исходного материала Центра, а также сорта белорусской и российской селекции.

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

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

Оценку исходного материала картофеля на устойчивость к фитофторозу проводили согласно Методическим указаниям по оценке картофеля на фитофтороустойчивость [12]. Для искусственного заражения сеянцев 1-го года была использована смесь сложных рас с инфекционной нагрузкой 10–15 конидий в поле зрения микроскопа при увеличении × 120. Оценка гибридов картофеля на устойчивость к фитофторозу по ботве в полевых условиях проводили согласно методическим указаниям, разработанным В.Г. Ивановом и др. [13].

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

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

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

Статистическую обработку результатов исследований выполняли на ПЭВМ при помощи пакета прикладных программ «AB-Stat V-1.1», предоставленного Б.Ю. Аношенко (Институт генетики и цитологии НАН Беларуси), и с использованием общепринятых в биологии статистических методов [17].

Сложившиеся погодные условия в годы исследований благоприятствовали развитию фитофтороза, что позволило провести оценку на устойчивость к фитофторозу перспективных гибридов в полевых условиях на естественном инфекционном фоне. Практически во все годы исследований, за исключением 1999, 2002, 2014, 2015 гг., наблюдалось эпифитотийное и умеренно эпифитотийное развитие фитофтороза.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Работа по вовлечению диких видов *S. stoloniferum*, *S. polytrichon*, *S. vernei*, *S. andigenum* была начата с выделения среди них фитофтороустойчивых образцов. Отобранные формы вовлекали в скрещивания для получения сложных межвидовых гибридов. Из образцов вида *S. stoloniferum* ( $2n = 48$ ,  $2n = 36$ ) наибольший интерес для нас представляла линия л 32-11, которая характеризовалась интенсивным цветением, образованием ягод в результате свободного опыления, высокой устойчивостью к фитофторозу, содержанием крахмала более 20 %. Согласно литературным данным, среди образцов данного вида встречаются образцы, устойчивые к вирусам А, Y, L, X, S, M, раку, парше обыкновенной, черной ножке, картофельной нематоде, колорадскому жуку [18, 19, 20]. Однако К. З. Будин считал, что создать донора, устойчивого к ряду патогенов, на основе этого вида практически невозможно. Чаще всего гибриды между *S. stoloniferum* и культурными сортами устойчивы только к фитофторозу, но восприимчивы к вирусам Y, L [20]. Определенный интерес из североамериканских видов представляет вид *S. polytrichon*. Среди образцов этого вида нами были выделены формы, высокоустойчивые к фитофторозу. Кроме того, по литературным данным, ряд образцов этого вида обладают устойчивостью к вирусам Y, L, А, колорадскому жуку, картофельной нематоде [18, 19]. Слабое использование его в селекции объясняется трудной скрещиваемостью при межвидовой гибридизации. Также исследователи отмечают, что у гибридного потомства обычно доминируют морфобиологические особенности дикого вида: длинные столоны и вследствие этого разбросанное гнездо, очень низкий урожай, позднеспелость, синефиолетовая окраска клубней, горький вкус и характерная для *S. polytrichon* сильная опушенность листьев. Для преодоления вышеперечисленных отрицательных признаков необходимо проводить многократное беккроссирование. По данным Н.А. Житловой, начиная только с  $V_3$  стал возможен отбор гибридов с комплексом таких хозяйственно ценных признаков, как устойчивость к фитофторе, компактное гнездо, культурная окраска и форма клубней, продуктивность до 1,5 кг/куст, относительная устойчивость к вирусам [21].

Отобранные формы вовлекали в скрещивания для получения сложных межвидовых гибридов. В результате проведенной гибридизации был получен

ряд межвидовых гибридов, однако наибольший интерес заслуживает гибридная популяция 85-98, полученная с использованием формы л 44-7 вида *S. polytrichon* и образца л 32-11 вида *S. stoloniferum*. При изучении сеянцев данной популяции по устойчивости к фитофторозу листьев выделено 90,6 % образцов с высокой устойчивостью к патогену. По мнению В.А. Колобаева, наиболее эффективными являются скрещивания, при которых достигаются сочетания генов устойчивости от видов, чьи генотипы сформировались в различных генцентрах происхождения картофеля [9]. Поэтому для получения более сложных межвидовых гибридов в гибридизацию был включен дикий южноамериканский вид *S. vernei*, культурный вид *S. andigenum* и межвидовой гибрид Е 77-2102-37 (*S. vernei*, *S. rybinii*), в результате чего были получены гибридные популяции 40-00 (*S. polytrichon*, *S. stoloniferum*, *S. vernei*, *S. rybinii*), 80-00 (*S. polytrichon*, *S. stoloniferum*, *S. vernei*), 310-03 (*S. polytrichon*, *S. stoloniferum*, *S. vernei*, *S. andigenum*) и 311-03 (*S. polytrichon*, *S. stoloniferum*, *S. vernei*, *S. rybinii*, *S. andigenum*) (табл. 1).

Среднеарифметический балл устойчивости к фитофторозу листьев в гибридных популяциях составил от 4,6 до 8,8 балла. Процент гибридов с устойчивостью 7–9 баллов варьировал от 33,3 до 100. Самая высокая устойчивость к патогену (8,8 балла) отмечена в популяции 40-00, которая была получена при использовании межвидового гибрида 85-98-20 (*S. stoloniferum*, *S. polytrichon*) и формы Е 77-2102-37. Процент гибридов с устойчивостью листьев к фитофторозу в данной популяции на уровне 7–9 баллов составил 100.

В результате изучения полученных гибридных популяций из них были выделены формы, которые представляли наибольший интерес для дальнейшей работы (табл. 2).

Полученные гибриды были отнесены как к поздней, так и к среднеспелой группе спелости. По результатам полевой оценки гибридов на устойчивость к фитофторозу листьев установлено, что на первую декаду сентября данные формы характеризовались как низкой (80-00-12, 80-00-7 – 3,0 балла), так и

Таблица 1 – Характеристика гибридных популяций картофеля, полученных на основе диких и культурных видов

Гибридная популяция	Происхождение	X, балл	σ, балл	CV, %	Lim, балл	% гибридов с устойчивостью 7–9 баллов
40-00	85-98-20(plt л 44-7 × sto л 32-11) × Е 77-2102-37	8,8	0,3	2,9	8,4–9,0	100
80-00	85-98-20(S.plt л 44-7 × sto. л 32-11) × vrn. 41/25-6	6,5	1,4	21,5	7,0–8,0	64,7
310-03	85-98-2 (plt л 44-7 × sto. л 32-11) × adg	5,2	2,7	51,9	3,0–8,0	50,0
311-03	plt, sto, vrn, ryb, adg	4,6	2,1	45,6	3,0–7,0	33,3

Примечание. Plt – *S. polytrichon*, sto – *S. stoloniferum*, vrn – *S. vernei*, ryb – *S. rybinii*, adg – *S. andigenum*, X – среднее арифметическое, σ – среднее квадратическое отклонение, CV – коэффициент вариации, Lim – минимальный – максимальный балл устойчивости.

РАЗДЕЛ 2. ИСХОДНЫЙ МАТЕРИАЛ

Таблица 2 – Характеристика межвидовых гибридов картофеля, выделенных по устойчивости к фитофторозу и другим хозяйственно ценным признакам

Селекционный номер	Дикий (культурный) вид, на основе которого получен гибрид	Группа спелости	Устойчивость к фитофторозу, балл		Продуктивность, г/куст	Содержание крахмала, %
			листья	клубни		
40-00-2	plt, sto, vrn, ryb	п.	8,0	9,0	1475	13,2
80-00-19	plt, sto, vrn	п.	7,0	7,1	1020	19,6
311-03-2В	plt, sto, vrn, ryb, adg	п.	7,0	8,4	1190	18,6
311-03-13	plt, sto, vrn, ryb, adg	п.	7,0	9,0	830	21,3
311-03-14	plt, sto, vrn, ryb, adg	п.	7,0	9,0	770	16,7
310-03-7	plt, sto, adg	п.	7,0	7,2	490	17,2
80-00-11	plt, sto, vrn	с.п.	5,0	6,2	650	17,9
80-00-9	plt, sto, vrn	с.с.	5,0	7,0	530	16,4
80-00-12	plt, sto, vrn	с.с.	3,0	7,8	630	14,2
80-00-7	plt, sto, vrn	с.с.	3,0	7,0	700	18,9

Примечание. Plt – *S.polytrichon*, sto – *S.stoloniferum*, vrn – *S.vernei*, ryb – *rybinii*, adg – *S.andigenum*, с.с. – среднеспелый, с.п. – среднепоздний, п. – поздний.

высокой (40-00-2) устойчивостью к фитофторозу листьев. Все выделенные нами гибриды характеризовались устойчивостью к фитофторозу клубней от относительно высокой до очень высокой, за исключением формы 80-00-11, у которой устойчивость клубней к патогену составила 6,2 балла. Среди полученных гибридов выделены формы 40-00-2, 311-03-2В и 80-00-19 с продуктивностью выше 1000 г/куст. Содержание крахмала у выделенных гибридов варьировало от 13,2 до 21,3 %.

Основным недостатком вовлечения диких видов в селекционный процесс является передача, кроме хозяйственно ценных, отрицательных признаков, свойственных сородичам культурного картофеля (позднеспелость, длинные столоны, мелкие клубни, плохие кулинарные качества и др.). С целью устранения негативных свойств у полученных нами сложных межвидовых гибридов были проведены скрещивания со специально подобранными отцовскими формами, характеризующимися хорошими морфологическими свойствами клубней, устойчивостью к различным патогенам, обладающими высокой продуктивностью и крахмалистостью.

Для беккроссирования гибридов 80-00-19, 80-00-9, 80-00-12, 80-00-7, 311-03-2В, 311-03-13, 311-03-14 и 310-03-7 использовали формы, устойчивые к основным патогенам (фитофтороз, вирусные и бактериальные болезни), характеризующиеся высокой продуктивностью, обладающие высоким содержанием крахмала. Всего была выполнена 161 комбинация скрещиваний. В результате получено 43 гибридные популяции, характеристика которых представлена в таблице 3.

Полученные гибридные популяции характеризовались, в основном, средним и низким уровнем устойчивости к патогену. Устойчивость к фитофторозу листьев в зависимости от комбинаций колебалась от 2,6 до 5,8 баллов.

РАЗДЕЛ 2. ИСХОДНЫЙ МАТЕРИАЛ

Таблица 3 – Характеристика гибридных популяций, полученных в результате беккроссирования

Гибридная популяция	Происхождение	X, балл	σ, балл	CV, %	Lim, балл	% гибридов с устойчивостью 7–9 баллов
18-08	80-00-19 × 191-03-8	5,8	1,8	30,8	3–7	60,0
201-11	311-03-2В × Рагнеда	5,4	1,6	29,6	1–7	42,8
73-07	80-00-9 × 5-02-42	5,3	1,5	28,6	3–5	33,3
63-09	311-03-2В × Лиляя	5,1	1,8	35,3	1–7	35,7
14-07	80-00-9а × 5-02-42	5,0	1,6	32,8	1–7	31,2
189-04	80-00-12 × 200.123-4	4,9	2,4	48,1	1–7	51,7
106-12	80-00-7 × 8492-1	4,7	2,4	51,7	1–7	42,9
35-06	80-00-7 × 2104-11	4,5	2,0	44,4	1–7	25,0
105-12	80-00-19 × 8492-1	4,6	2,6	54,5	1–7	46,2
106-12	80-00-7 × 8492-1	4,6	2,5	54,3	1–7	45,5
54-10	80-00-9 × 5-02-42	4,1	2,7	65,8	1–7	36,4
69-09	80-00-7 × 106-04-17	4,0	2,3	57,5	1–7	30,0
231-11	310-03-7 × 50-8	4,7	2,4	51,1	1–7	41,7
24-10	311-03-2В × Чарауник	4,5	2,3	51,1	1–7	37,5
86-12	310-03-7 × 36ху05-6	4,5	2,0	44,4	1–7	34,5
111-12	310-03-7 × 8492-1	4,4	2,4	54,5	1–7	34,6
76-09	311-03-2В × 106-04-17	4,3	2,4	55,8	1–8	29,0
89-12	311-03-2В × 8492-1	4,3	2,4	55,8	1–7	33,3
53-12	310-03-7 × 032532-7	4,3	2,4	55,8	1–7	38,3
209-12	311-03-2В × 218у04-8	4,1	2,5	61,0	1–7	35,1
51-11	311-03-2В × Бриз	4,0	2,5	62,5	1–7	29,0
175-11	310-03-7 × Талисман	4,1	2,4	58,5	1–7	34,0
145-11	310-03-7 × К 27147-4	4,0	2,5	62,5	1–7	30,9
11-10	311-03-2В × 032532-7	3,9	2,7	69,2	1–7	33,3
146-11	311-03-2В × К 27147-4	3,8	2,6	68,4	1–7	32,2
155-08	80-00-7 × 1/4/13-2	3,7	1,7	46,8	1–5	11,1
179-11	311-03-2В × Талисман	3,6	2,3	63,9	1–7	25,0
202-08	311-03-13 × к 15313-4	3,6	2,5	69,4	1–7	24,1
137-08	311-03-13 × 1/2/5-2	3,6	2,5	69,4	1–7	29,5
191-08	311-03-13 × к 225706-7	3,5	2,7	71,1	1–7	31,5
131-08	80-00-19 × 1/2/5-2	3,5	2,4	68,6	1–7	24,0
93-10	80-00-7 × 1/4/13-2	3,5	2,6	74,3	1–7	25,0
7-08	80-00-19 × 1/4/13-2	3,3	2,5	76,1	1–7	25,0
85-10	311-03-13 × 1/2/5-2	3,3	2,7	81,8	1–7	25,0
47-08	311-03-13 × Любава	3,2	2,4	75,0	1–7	18,2
35-08	311-03-13 × 1/2/5-2	3,1	2,6	83,9	1–7	23,3
190-07	311-03-14 × 8ху02-30	3,0	2,6	86,7	1–8	24,1
118-08	80-00-7 × Любава	3,0	2,5	84,3	1–7	16,7
94-08	311-03-14 × Любава	2,9	2,5	86,2	1–7	22,2

Гибридная популяция	Происхождение	X, балл	$\sigma$ , балл	CV, %	Lim, балл	% гибридов с устойчивостью 7–9 баллов
223-07	311-03-14 × Лазарь	2,8	2,6	92,8	1–8	16,7
81-08	311-03-13 × 2246-13	2,8	2,3	82,1	1–7	12,5
176-08	311-03-13 × 2410-33	2,6	2,4	92,3	1–7	20,0
138-08	311-03-13 × 1/2/5-2	2,6	2,4	92,3	1–7	18,4

Примечание. X – среднее арифметическое;  $\sigma$  – среднее квадратическое отклонение; CV – коэффициент вариации; Lim – минимальный – максимальный балл устойчивости.

Устойчивость на уровне 5,0–5,8 отмечена в популяциях 18-07, 201-11, 73-07, 63-09 и 14-07, а отбор высокоустойчивых гибридов в этих семьях составил 31,2–60,0 %.

В остальных популяциях средний уровень устойчивости к фитофторозу был ниже, при этом отбор гибридов с высокой и относительно высокой устойчивостью к фитофторозу в некоторых из них достигал 37,5 %. Коэффициент вариации признака составил 28,6–92,8 %.

В результате изучения полученных гибридных комбинации по устойчивости листьев и клубней к фитофторозу, продуктивности и содержанию крахмала выделены образцы картофеля – источники устойчивости к данному заболеванию и по ряду других хозяйственно ценных признаков, представляющих практический интерес для селекции (табл. 4).

В результате беккроссирования сложных межвидовых гибридов, созданных на основе видов *S. polytrichon*, *S. stoloniferum*, *S. vernei*, *S. rybinii* и *S. andigenum*, получены перспективные гибриды  $F_1$ . Среди них нами были выделены не только позднеспелые формы, но и образцы с более ранним сроком созревания. По нашему мнению, этому поспособствовало использование видов *S. vernei*, *S. rybinii* и *S. andigenum* при создании сложных межвидовых гибридов. Полученные формы характеризуются как низкой, так и высокой полевой устойчивостью листьев и от средней до очень высокой устойчивостью клубней к фитофторозу. Продуктивность многих из полученных гибридов превысила 1000 г/куст. По содержанию крахмала выделились образцы 14-07-4 (21,4 %), 14-07-7 (21,8 %), 189-04-21 (20,0 %), 73-07-5 (22,3 %), 223-07-6 (20,1 %), 131-08-12 (20,6 %) и 54-10-3 (20,1 %). Гибриды обладают хорошими морфологическими признаками клубней.

По результатам многолетних исследований в 2015 г. выделен перспективный гибрид 69-09-20 с относительно высокой устойчивостью к фитофторозу листьев и очень высокой устойчивостью клубней, хорошими хозяйственными показателями, который рекомендован в качестве исходной формы для селекции картофеля на фитофтороустойчивость. Гибрид поздней группы спелости 69-09-20 (80-00-7 × 106-04-17) получен на основе видов *S. polytrichon*, *S. stoloniferum* и *S. vernei*. Продуктивность: средняя 1290 г/куст, максимальная 1450 г/куст. Содержание крахмала: среднее 18,2 %, максимальное 24,0 %. Устойчивость к фитофторозу: листья 7,0 балла, клубни 9,0 балла.

РАЗДЕЛ 2. ИСХОДНЫЙ МАТЕРИАЛ

Таблица 4 – Характеристика межвидовых гибридов картофеля, выделенных по устойчивости к фитофторозу и другим хозяйственно ценным признакам

Селекционный номер	Происхождение	Группа спелости	Устойчивость к фитофторозу, балл		Продуктивность, г/куст	Содержание крахмала, %
			листья	клубни		
189-04-7	80-00-12 × 200.123-4	п.	7,0	5,0	980	18,7
190-07-14	311-03-14 × 8ху02-30	п.	7,0	7,1	1180	17,2
201-11-2	311-03-2В × Рагнеда	п.	7,0	6,2	800	17,1
145-11-2	310-03-7 × К27147-4	п.	7,0	6,7	1025	17,7
231-11-1а	310-03-7 × 50-8	п.	7,0	9,0	1250	11,9
69-09-20	80-00-7 × 106-04-17	п.	7,0	9,0	1290	18,2
14-07-4	80-00-9 × 5-02-42	п.	5,0–7,0	6,7	1200	21,4
14-07-7	80-00-9 × 5-02-42	п.	5,0–7,0	5,7	1480	21,8
94-08-6	311-03-19 × Любава	с.п.	5,0–7,0	8,0	800	15,7
35-06-14	80-00-7 × 2104-11	с.с.	5,0	6,3	1025	16,3
35-06-15	80-00-7 × 2104-11	с.с.	3,0	7,6	860	17,6
189-04-21	80-00-12 × 200.123-4	с.п.	5,0	7,2	850	20,0
73-07-5	80-00-9 × 5-02-42	с.п.	5,0	6,4	1100	22,3
223-07-6	311-03-14 × Лазарь	с.п.	5,0	5,4	1090	20,1
131-08-28	80-00-19 × 1/2/5-2	с.п.	5,0	7,7	1060	19,7
131-08-12	80-00-19 × 1/2/5-2	с.п.	5,0	6,5	1170	20,6
76-09-7	311-03-2В × 106-04-17	п.	5,0	8,3	990	18,8
24-10-4	311-03-2В × Чарауник	с.п.	5,0	7,7	920	18,1
201-11-3	311-03-2В × Рагнеда	п.	5,0	7,1	1200	18,3
175-11-5	310-03-7 × Талисман	с.п.	5,0	7,8	1625	17,3
175-11-2	310-03-7 × Талисман	с.п.	5,0	5,7	1325	15,2
54-10-3	80-00-9 × 5-02-42	п.	5,0	8,4	1180	20,1
93-10-20	80-00-7 × 1/4/13-2	с.п.	5,0	8,8	1370	19,4
189-04-13	80-00-12 × 200.123-4	с.с.	3,0–5,0	5,6	700	16,5
7-08-23	80-00-19 × 1/4/13-2	с.с.	3,0	5,3	1000	15,6
131-08-27	80-00-19 × 1/2/5-2	с.с.	3,0	6,3	930	17,4
76-09-4	311-03-2В × 106-04-17	с.п.	3,0	7,4	1180	18,9
76-09-1	311-03-2В × 106-04-17	с.п.	3,0	8,6	880	18,1
85-10-2	311-03-13 × 1/2/5-2	с.с.	3,0	6,6	770	18,1
179-11-8	311-03-2В × Талисман	с.п.	3,0	8,0	1175	19,7
145-11-6	310-03-7 × К27147-4	с.п.	3,0	5,5	1075	16,8

Примечание. С.с. – среднеспелый; с.п. – среднепоздний; п.– поздний.

РАЗДЕЛ 2. ИСХОДНЫЙ МАТЕРИАЛ

Гибриды 190-07-14, 223-07-6 и 94-08-6 также могут быть рекомендованы в качестве исходной формы для селекции картофеля на фитофтороустойчивость.

С целью устранения у гибридов F<sub>1</sub> дикарских признаков, улучшения морфологических признаков клубней, создания образцов с комплексной устойчивостью к наиболее вредоносным патогенам в сочетании с хозяйственно ценными признаками нами были проведены скрещивания для получения гибридов F<sub>2</sub>. Начиная с 2009 г. с образцами 189-04-7, 189-04-21, 189-04-4 и 189-04-11, взятыми в качестве материнских форм, выполнено 73 комбинации скрещиваний. В качестве опылителей использовали сорта Лилея, Бриз, Талисман и гибриды 032532-7, 072864-41, 072861-46, 106-04-17, 8492-1, 191-03-5, 32ху05-15, 218у04-8, 216ду06-20 и 206.161-11. Ягоды завязались в 23 комбинациях. Из полученных гибридных популяций выделены перспективные образцы (табл. 5).

Практически у всех выделенных гибридов устойчивость к фитофторозу клубней составила 7,0–9,0 балла, за исключением гибридов 14-11-20, 241-11-1,

Таблица 5 – Характеристика межвидовых гибридов картофеля, выделенных по устойчивости к фитофторозу и другим хозяйственно ценным признакам

Селекционный номер	Происхождение	Группа спелости	Устойчивость к фитофторозу, балл		Продуктивность, г/куст	Содержание крахмала, %
			листья	клубни		
71-09-26	189-04-21 × 106-04-17	п.	7,0	8,5	1000	17,5
31-10-26	189-04-4 × Талисман	п.	7,0	7,0	1200	18,0
31-10-17	189-04-4 × Талисман	п.	7,0	7,6	1200	20,1
14-11-20	189-07-7 × 32ху05-15	с.п.	7,0	5,0	1175	17,4
15-11-6	189-04-21 × 32ху05-15	п.	7,0	8,8	1200	17,4
15-11-16	189-04-21 × 32ху05-15	п.	7,0	8,5	1000	18,0
18-11-12	189-04-11 × 32ху05-15	п.	7,0	8,0	1025	18,3
18-11-1	189-04-11 × 32ху05-15	п.	7,0	7,0	925	17,0
241-11-1	189-04-21 × 191-03-5	п.	7,0	5,7	1000	20,4
152-09-8	189-04-21 × 191-03-5	с.п.	5,0	9,0	1000	18,5
152-09-5	189-04-21 × 191-03-5	п.	5,0	5,6	1120	20,1
56-09-15	189-04-7 × Лилея	с.п.	5,0	7,0	1600	15,4
4-11-11	189-04-7 × 032532-7	с.п.	5,0	5,5	750	20,1
241-11-6	189-04-21 × 191-03-5	п.	5,0	8,2	850	18,1
56-09-38	189-04-7 × Лилея	с.с.	3,0	7,1	1300	17,4
71-09-11	189-04-21 × 106-04-17	с.п.	3,0	7,8	1010	17,2
9-10-27	189-04-4 × 032532-7	с.с.	3,0	7,4	830	17,7
9-10-23	189-04-4 × 032532-7	с.с.	3,0	6,8	1070	14,4
4-11-8	189-04-7 × 032532-7	с.с.	3,0	7,5	800	14,4
14-11-26	189-07-7 × 32ху05-15	с.п.	3,0	9,0	825	19,5
52-11-4	189-04-21 × Бриз	с.с.	3,0	7,0	750	13,8
52-11-9	189-04-21 × Бриз	с.с.	3,0	5,0	1250	16,4

Примечание. С.с. – среднеспелый; с.п. – среднепоздний; п. – поздний.

152-09-5, 4-11-11 и 52-11-9, у которых устойчивость к патогену была средней. Устойчивость листьев к фитофторозу у изучаемых гибридов варьировала от низкой (3,0 балла) до относительно высокой (7,0 балла) в зависимости от группы спелости. Продуктивность была на уровне 750–1600 г/куст. Содержание крахмала свыше 20 % отмечено у гибридов 31-10-17, 241-11-1, 152-09-5 и 4-11-11. Оценка гибридов, полученных в 2009–2011 г., на устойчивость к черной ножке клубней показала, что все гибриды, за исключением 56-09-15 и 31-10-26, имели относительно высокую и высокую устойчивость к патогену. По пригодности к промпереработке после пяти месяцев хранения выделены гибриды: 152-09-5 (8,0 баллов), 152-09-8 (8 баллов), 31-10-26 (8 баллов), 71-09-11 (6 баллов) и 9-10-27 (6 баллов). В настоящее время проводится изучение гибридных популяций, полученных в 2012–2014 гг.

В дальнейшем работа по использованию сложных межвидовых гибридов, полученных на основании видов *S. polytrichon*, *S. stoloniferum*, *S. vernei*, *S. rybinii* и *S. andigenum*, а также полученных на их основе гибридов  $F_1$  и  $F_2$ , будет продолжена.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. На основании видов *S. polytrichon*, *S. stoloniferum*, *S. vernei*, *S. rybinii* и *S. andigenum* получены перспективные межвидовые гибриды для селекции на фитофтороустойчивость.

2. Использование в качестве посредников видов *S. vernei*, *S. andigenum*, а также межвидового гибрида *S. vernei* × *S. rybinii* позволило получить перспективные исходные формы для селекции.

3. В качестве исходных форм для селекции на фитофтороустойчивость рекомендуются гибриды 190-07-14, 223-07-6 и 94-08-6. По результатам многолетних исследований в 2015 г. выделен перспективный гибрид 69-09-20 с относительно высокой устойчивостью к фитофторозу листьев и очень высокой устойчивостью клубней, хорошими хозяйственными показателями, который рекомендуется в качестве исходной формы для селекции картофеля на фитофтороустойчивость.

5. Среди гибридов  $F_2$  выделен ряд перспективных образцов, устойчивых к фитофторозу в сочетании с другими хозяйственно ценными признаками.

## Список литературы

1. Иванюк, В.Г. Защита картофеля от вредителей, болезней и сорняков / В.Г. Иванюк, С.А. Банадысев, Г.К. Журомский. – Минск: Политкрафт. – 500 с.
2. Иванюк, В.Г. Новое в биологии возбудителя фитофтороза картофеля / В.Г. Иванюк, О.В. Авдей // НТИ и рынок. – 1997. – № 6. – С. 13–14.
3. Иванюк, В.Г. Особенности появления фитофтороза на картофеле в условиях Беларуси / В.Г. Иванюк // Защита растений – проблемы и перспективы: сб. науч. тр. / ГГАУ. – Гродно, 2002. – С. 37–39.
4. Дьяков, Ю.Т. Фитофтороз – глобальные и внутрироссийские проблемы / Ю.Т. Дьяков // Природа. – 2002. – № 1. – С. 33–39.

5. Белорусская думка / Пестициды: опасность или необходимость? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://beldumka.belta.by/isfiles/000167\\_120794.pdf](http://beldumka.belta.by/isfiles/000167_120794.pdf). – Дата доступа: 20.02.2014.
6. Подгаецкий, А.А. Генетические ресурсы картофеля / А.А. Подгаецкий // Материалы Международной юбилейной научно-практической конференции, посвященной 75-летию Института картофелеводства Национальной академии наук Беларуси, Самохваловичи, 7–10 июля 2003 г.: науч. тр. / НАН Беларуси, Ин-т картофелеводства НАН Беларуси. – Минск, 2003. – С. 108–190.
7. Киру, С.Д. Генетические ресурсы картофеля ВИР – один из главных источников исходного материала для селекции / С.Д. Киру // Материалы Международной юбилейной научно-практической конференции, посвященной 75-летию Института картофелеводства Национальной академии наук Беларуси, Самохваловичи, 7–10 июля 2003 г.: науч. тр. / НАН Беларуси, Институт картофелеводства НАН Беларуси. – Минск, 2003. – С. 200–206.
8. Будин, К.З. Значение диплоидных видов картофеля и пути использования их в селекции / К.З. Будин, Н.Ф. Бывако Л.М. Турулева // Науч. техн. бюллетень ВИР. – Л., 1984. – Вып. 145. – С. 175–182.
9. Колобаев, В.А. Межвидовые гибриды картофеля, подавляющие размножение фитофтороза / В.А. Колобаев // Использование мировых генетических ресурсов ВИР в создании сортов картофеля нового поколения: материалы Всероссийской науч.-координационной конф., посвящ. 100-летию со дня рожд. акад. К.З. Будина, Санкт-Петербург, 28–29 июля 2009 г. / ВИР. – СПб., 2009. – С. 50–58.
10. Вовлечение в практическую селекцию межвидового гибридного материала картофеля, созданного на основе редко используемых диких видов картофеля / В.А. Козлов [и др.] // Картофелеводство: сб. науч. тр. / РУП «Науч.-практ. центр НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству». – Минск, 2013. – Том 21. – С. 96–100.
11. Родионова, З.П. Гибридизация картофеля на срезанных стеблях / З.П. Родионова // С.-х. информация. – Киев, 1971. – №. 2. – С. 35–36
12. Методические указания по фитопатологическим работам при селекции картофеля на устойчивость к фитофторозу / сост. М.В. Патрикеева / ВИЗР. – Л., 1990. – 42 с.
13. Методы оценки картофеля, овощных и плодовых культур на устойчивость к болезням: метод. рекомендации / БелНИИ картофелеводства и плодоовощеводства; сост. В.Г. Иванюк [и др.]; под ред. Н.А. Дорожкина. – Минск, 1987. – 95 с.
14. Международный классификатор СЭВ. – Л.: ВИР, 1984.
15. Методические указания по оценке и поддержанию мировой коллекции картофеля / Всесоюз. ин-т растениеводства; сост.: С.М. Букасов [и др.]. – Л., 1976. – 30 с.
16. Методика исследований по культуре картофеля / Отделение растениеводства и селекции Всесоюзной академии сельскохозяйственных наук им. В.И. Ленина,

НИИ картофельного хозяйства; редкол.: Н.А. Андрияшина [и др.]. – М., 1967. – 225 с.

17. Рокицкий, П.Ф. Биологическая статистика / П.Ф. Рокицкий. – Минск: Высшая школа, 1973. – 316 с.

18. Камераз, А.Я. Селекция картофеля / А.Я. Камераз // Культурная флора СССР / под ред. С.М. Букасова. – Л.: Колос, 1971. – Т. IX. Картофель. – С. 430–445.

19. Каталог мировой коллекции ВИР / Виды картофеля Мексики и их значение для селекции. – Л., 1989. – Вып. 439. – 88 с.

20. Будин, К.З. Генетические основы создания доноров картофеля / К.З. Будин. – СПб.: ВИР, 1997. – 39 с.

21. Житлова, Н.А. *S. polytrichon* – донор фитофтороустойчивости / Н.А. Житлова, К.А. Котова // Бюллетень ВНИИ растениеводства. – 1984. – Т. 145. – С. 29–31.

Поступила в редакцию 19.11.2015 г.

A. V. CHASHINSKIY

**MEXICAN VARIETIES USAGE OF *S. STOLONIFERUM* AND *S. POLYTRICHON* AT CREATION OF THE INITIAL MATERIAL STEADY AGAINST BLACK EYE ROT**

**SUMMARY**

*On the basis of types of *S. polytrichon*, *S. stoloniferum*, *S. vernei*, *S. rybinii* and *S. andigenum* perspective interspecific hybrids for selection on black eye rot resistance are received. The usage of types intermediaries of *S. vernei*, *S. andigenum* and also an interspecific hybrid of *S. vernei* × *S. rybinii* allowed to receive perspective initial forms for selection. As initial forms for selection hybrids 190-07-14, 223-07-6 and 94-08-6 are recommended for black eye rot resistance. By results of long-term researches in 2015 the perspective hybrid 69-09-20 with rather high resistance to black eye rot of leaves and very high stability of tubers, good economic indicators which are recommended as an initial form for selection of potato on black eye rot resistance is allocated.*

*Key words:* selection, potato, wildlife varieties, stability, black eye rot.

### **РАЗДЕЛ 3**

## **БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В СЕЛЕКЦИИ И СЕМЕНОВОДСТВЕ КАРТОФЕЛЯ**

УДК 577.21:577.182.99:577.3

**Ю.С. Бакакина, Т.А. Гапеева, Л.В. Дубовская, И.Д. Вологовский**

ГНУ «Институт биофизики и клеточной инженерии НАН Беларуси»,  
г. Минск

E-mail: bakakinay@mail.ru

### **ПРОТЕОМНЫЙ АНАЛИЗ ТРАНСГЕННЫХ РАСТЕНИЙ КАРТОФЕЛЯ, ЭКСПРЕССИРУЮЩИХ ГЕНЫ АНТИМИКРОБНЫХ ПЕПТИДОВ, ДЛЯ ОЦЕНКИ ИХ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ**

#### **РЕЗЮМЕ**

*Проведена оценка протеомного статуса трансгенных линий растений картофеля с экспрессируемыми генами антимикробных пептидов цекропин-мелиттинового типа, полученных на основе сортов белорусской селекции. Показано, что в клубнях трансгенных линий наблюдается повышенное накопление белков семейства пататинов, что может быть следствием активации защитной системы растений под воздействием конститутивного трансгенного синтеза антимикробных пептидов.*

*Ключевые слова:* антимикробные пептиды, защита растений, пататины, протеомный анализ, трансгенные растения *Solanum tuberosum*.

#### **ВВЕДЕНИЕ**

Увеличение валового сбора картофеля и повышение эффективности его производства крайне важно для Республики Беларусь. Потери урожая картофеля от воздействия фитопатогенных микроорганизмов составляют в среднем 25–30 %. Одним из основных факторов получения высоких урожаев картофеля является применение эффективных способов защиты от вредителей, болезней и сорняков. Использование химических средств защиты растений не решает проблему полностью. Например, при использовании химических средств защиты растений общие потери урожая в мире сохраняются на уровне 20 % [1]. Кроме того, фунгициды, используемые для борьбы с грибными поражениями, угрожают здоровью людей и наносят вред окружающей среде. Следует отметить отдельно проблему вирусного поражения картофеля, где химические

средства защиты практически бессильны. Одним из главных приемов борьбы с болезнями картофеля является получение устойчивых сортов. Сорта с повышенной устойчивостью к фитопатогенам увеличивают эффективность защитных мероприятий и требуют проведения минимального количества обработок химическими и биологическими препаратами, что существенно снижает загрязнение окружающей среды. Получение улучшенных сортов картофеля традиционными селекционными методами в настоящее время интенсивно проводится во всем мире, однако это достаточно трудоемко, поскольку работа ведется по 12-летней схеме, где предусматривается поэтапное комплексное изучение и отбор гибридов картофеля по агрономическим показателям устойчивости к болезням и вредителям.

Создание генно-модифицированных растений (ГМР) является сегодня одной из наиболее перспективных и быстро развивающихся областей агропроизводства. Основные этапы получения ГМР включают создание систем экспрессии в клетках растений потенциально перспективных новых генов, оценку преимуществ созданных ГМР, а также оценку безопасности для человека и окружающей среды. В данной работе в качестве перспективных генов использованы рекомбинантные гены катионных антимикробных пептидов (КАП). Использование технологии получения трансгенных растений с КАП предполагает приобретение комплексного эффекта защиты картофеля от фитопатогенных микроорганизмов, а именно от грибного, бактериального, а также, возможно, вирусного заражения как при выращивании, так и при хранении продовольственной, технической и семеноводческой продукции.

В Институте биофизики и клеточной инженерии НАН Беларуси на основе сортов картофеля белорусской селекции созданы трансгенные формы с экспрессируемыми генами КАП цекропин-мелиттинового типа [2]. Показано, что ряд линий растений данной трансгенной формы *ex vitro* обладает повышенной устойчивостью к фитопатогенным организмам, поражающим картофель, в частности, к заражению оомицетом *Phytophthora infestans* [3].

Таким образом, целью данной работы была оценка функционального состояния созданных ГМР путем проведения сравнительного анализа протеомного статуса клубней трансгенных линий и исходных (контрольных) сортов картофеля, использованных в качестве реципиентных при проведении генетической трансформации, для исследования механизмов действия КАП, приводящих к повышенной устойчивости к фитопатогенным микроорганизмам.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Растения картофеля *Solanum tuberosum* L. сортов белорусской селекции Ветразь и Одиссей, регенерированные из меристемной ткани, были получены из РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству». Растения *in vitro* культивировали при температуре 20–22 °С с 16-часовым фотопериодом (200 мкм/м<sup>2</sup>×с); лампы LF 35W/54-765), Philips, Польша).

Для выделения фракции растворимых белков клубни картофеля гомогенизировали при соотношении 1:2 (масса/объем) в 50 мМ глицерофосфатном буфере (рН 7,4), содержащем 20 мМ этилендиаминтетрауксусной кислоты, 15 мМ  $MgCl_2$  и 5 мМ NaF, 500 мкМ  $Na_3VO_4$ , 10 мкМ  $NH_4MoO_4$ , 2 мМ 1,4-дителиотрейтол (ДТТ), 1 % (вес/объем) поливинилполипирролидон и 1 % (вес/вес) коктейль для ингибирования растительных протеаз. Гомогенат фильтровали и осветляли центрифугированием при  $100000\times g$  в течение 30 мин. Супернатант использовали в качестве фракции растворимых белков. Для гель-электрофоретического разделения белки осаждали в 10 объемах ледяного ацетона, содержащего 10 % (вес/объем) трихлоруксусную кислоту и 0,07 % (объем/объем)  $\beta$ -меркаптоэтанол, затем дважды промывали охлажденным ацетоном, содержащим 0,07 % (объем/объем)  $\beta$ -меркаптоэтанола. Образцы высушивали на воздухе при комнатной температуре и растворяли в буфере для двумерного гель-электрофореза, содержащем 8 М мочевины, 50 мМ ДТТ, 4 % (вес/объем) 3-[(3-холамидопропил)диметиламмоний]-1-пропаносульфат (ХАПС), 0,1 % (вес/объем) амфолиты 4–6 и 0,0002 % (вес/объем) бромфеноловый синий. Все операции проводили при температуре 4 °С.

Для измерения концентрации белка применяли метод, разработанный Bradford, с использованием бычьего сывороточного альбумина в качестве стандарта [4].

Для разделения белков в первом направлении двумерного гель-электрофореза в соответствии с их изоэлектрической точкой использовали стрипы с иммобилизованным градиентом (IPG-стрипы, 7 см), рН 4–7 («Bio-Rad Laboratories», США). На стрип наносили раствор белка (60 мкг) в 125 мкл буфера для двумерного гель-электрофореза. Изоэлектрофокусировку проводили на приборе «Protean IEF Cell» («Bio-Rad Laboratories», США) при 250 В в течение 15 ч, затем 2 ч при 4000 В и потом до достижения 20 000 В.

Для разделения белков во втором направлении двумерного гель-электрофореза в соответствии с их молекулярной массой использовали 13 %-е вертикальные полиакриламидные гели толщиной 1 мм. Разделение проводили в электрофоретической камере «Mini-Protean 3 Cell» («Bio-Rad Laboratories», США). Гель-электрофорез проводили при силе тока, равной 8 мА/гель в течение 25 мин, а далее – 50 мА/гель до тех пор, пока фронт бромфенолового синего не достигал нижней границы геля. В качестве стандартной смеси белков для определения масс и рI использовали набор маркеров для двумерного электрофореза «Markers for Two Dimensional Electrophoresis» (17 кДа – 89 кДа, рI-спектр 7,6–3,8, «Sigma», США).

Визуализацию белковых пятен в гелях после завершения второго направления гель-электрофореза осуществляли методом окрашивания нитратом серебра [5]. Для анализа окрашенные серебром гели сканировали при помощи калибровочного денситометра GS-800 («Bio-Rad Laboratories», США) и статистически анализировали с использованием программного обеспечения PDQuest («Bio-Rad Laboratories», США).

Приготовление образцов для MALDI-TOF-MS (метод масс-спектрометрии (MS) с ионизацией лазерной десорбцией при содействии матрицы (MALDI) с времяпролетным масс-анализатором (TOF)), а именно: расщепление белков на пептиды трипсином непосредственно в геле, экстракцию пептидов из геля, их очистку по технологии «ZipTip» («Millipore», США) и элюирование на планшет для MALDI-TOF-MS, проводили с использованием роботизированной станции «Xcise» («Shimadzu Biotech», Япония) согласно протоколу фирмы-изготовителя.

Масс-спектры были получены с использованием MALDI-TOF-масс-спектрометра «Axima-CFR plus», оборудованного азотным лазером ( $\lambda=337$  нм) («Kratos Analytical», Великобритания), в рефлекторном позитивном режиме в диапазоне масс 800–3500 Да. С использованием программного обеспечения «Компакт» («Shimadzu Biotech», Япония) проводили автоматическую детекцию пиков. Полученный список средних масс для каждого образца сопоставляли с известными массами в базах данных NCBI, используя поисковую программу «MASCOT» ([www.matrixscience.com](http://www.matrixscience.com)). Чувствительность при этом составляла  $\pm 1$  Да, а ошибка расщепления – 1–2. Идентификацию белков считали успешной, когда количество вероятностных баллов, рассчитанное с помощью «MASCOT MOWSE», было достоверно выше значения вероятности случайного события. Характеризующая величина достоверности определялась исходя из уникальности регистрируемого набора масс для белка из базы данных, количества предполагаемых пептидов и полноты перекрытия последовательности фрагментов белка.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектом исследования были созданные ранее линии трансгенных растений картофеля с экспрессируемыми генами антимикробных пептидов цекропин-мелиттинового типа [2]. Линии были получены на основе сортов картофеля белорусской селекции Одиссей и Ветразь. В экспериментах *ex vitro* было показано, что клубни и ботва данных растений обладают повышенной устойчивостью к патогену *Phytophthora infestans* [3]. В данной работе объектом исследования было клубневое потомство 3-го вегетативного поколения, поскольку в связи с употреблением в пищу именно клубни представляют особый интерес для изучения. Трансгенный статус изучаемого клубневого поколения был подтвержден методом полимеразной цепной реакции с предшествующей обратной транскрипцией (результаты не приведены).

С помощью метода двумерного гель-электрофореза были получены протеомные карты белков клубней картофеля. Полученные типичные протеомные карты немодифицированных (контрольных) сортов картофеля Одиссей и Ветразь представлены на рисунке 1. Четкая визуализация белков на протеомных картах свидетельствует об адекватности подобранных условий для выделения и разделения белков клубней картофеля. Необходимо отметить, что протеомные карты клубней картофеля отличались в зависимости от сорта

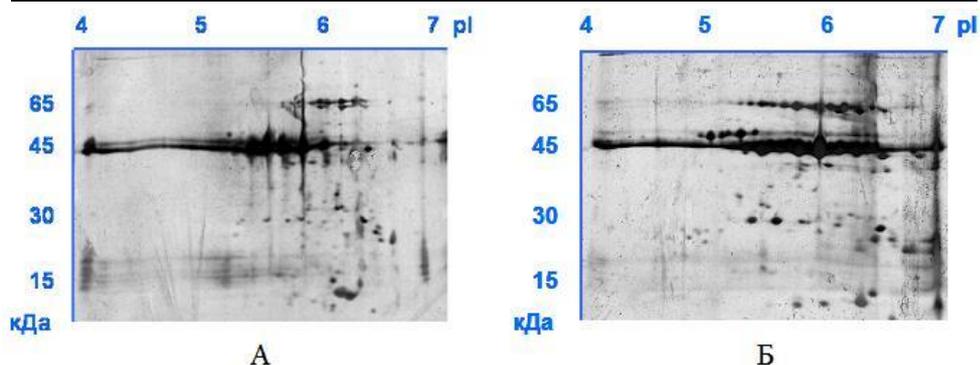


Рисунок 1 – Типичные протеомные карты клубней немодифицированных растений картофеля сортов Одиссей (А) и Ветразь (Б)

растения. Это согласуется с ранее полученными данными и подтверждает возможность использования протеомного анализа для сортовой идентификации растений [6].

С использованием программного обеспечения «PDQuest» («Bio-Rad Laboratories», США) был проведен сравнительный анализ протеомных карт клубней картофеля исходных сортов и трансгенных линий Ветразь Z и Ветразь W, Одиссей А и Одиссей С. На рисунках 2 и 3 представлены типичные синтетические протеомные карты для контрольных растений, полученные путем статистической обработки четырех биологических повторов, а также экспериментальные карты для трансгенных линий. Синтетические карты позволяют нивелировать ряд отличий между повторами, обусловленных различной степенью визуализации белков, ошибкой пипетирования и т. д.

Сравнительный анализ полученных протеомных карт показал, что гелеэлектрофореграммы клубней картофеля немодифицированных (контрольных) сортов и трансгенных линий имеют сходный протеомный профиль. Однако на протеомных картах белков клубней всех исследуемых трансгенных линий наблюдалось появление белковых пятен в областях, обозначенных на рисунках 2 и 3, которые отсутствовали у соответствующих контрольных сортов картофеля. Таким образом, были выявлены белки, дифференциально экспрессирующиеся в клетках трансгенных и немодифицированных контрольных растений картофеля

Идентификацию дифференциально экспрессирующихся белков проводили путем сопоставления полученных моноизотопных масс с известными массами в базах данных «MASCOT». Результаты идентификации представлены в таблице. Как видно из результатов, идентифицированные белковые пятна 1 и 2 относятся к одной группе белков – семейству пататинов. Пататины представляют собой группу иммунологически идентичных изоформ гликопротеинов с молекулярной массой 40–43 кДа (в нативной конформации – димеры). Наличие различий в молекулярной массе отдельных изоформ обусловлено

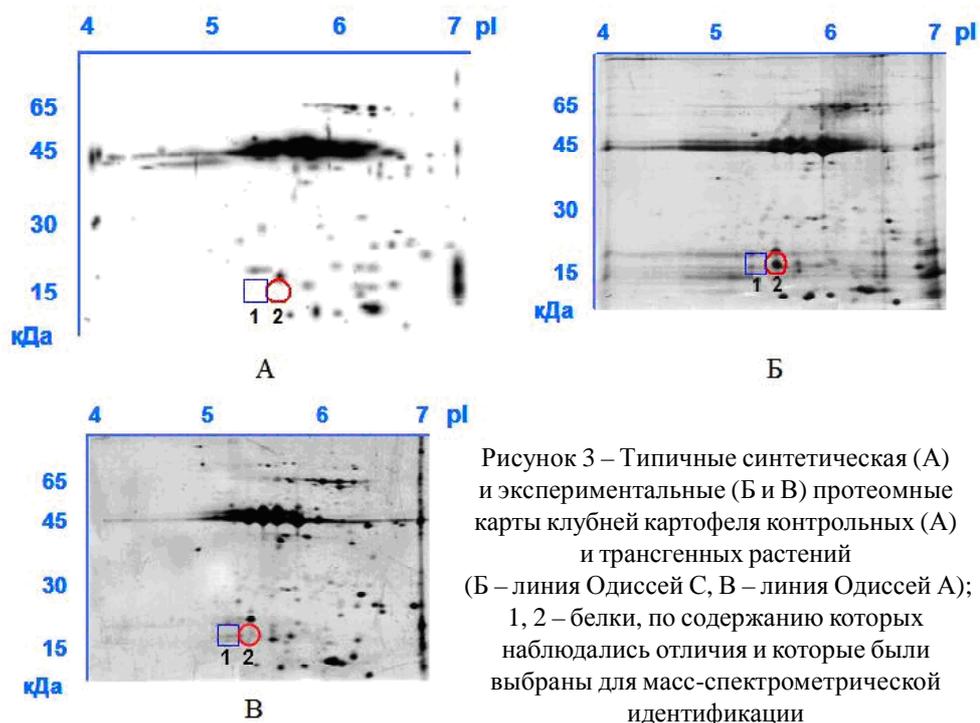
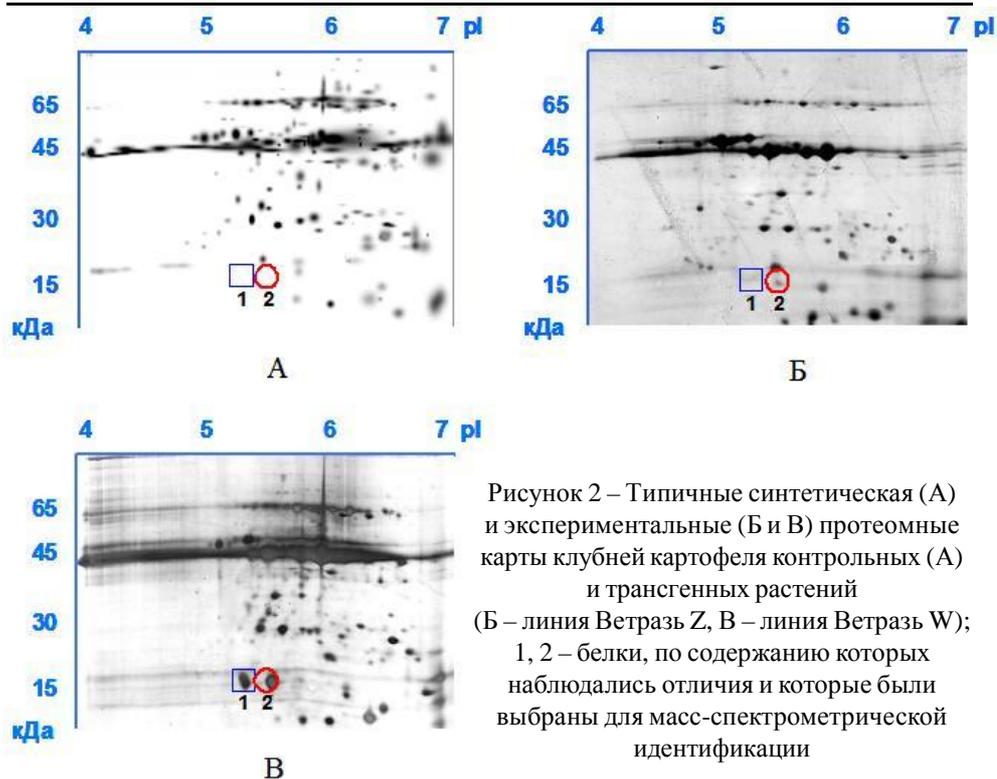


Таблица – Результаты масс-спектрометрической идентификации белков пятен 1 и 2, отмеченных на рисунках 2 и 3, с помощью поисковой базы данных «MASCOT»

№ белкового пятна	Название идентифицированного белка	Количество вероятностных баллов	Совпадение аминокислотной последовательности, %	Молекулярная масса, Да	pI
1	Патагин-2-курас 3, предшественник	259	24	42 439	5,12
2	Патагин-2-курас 1, предшественник	283	26	41 082	5,63

различным количеством сайтов гликозилирования в сочетании с мутациями в первичной структуре белковой части пататина [7].

Гены пататинов экспрессируются главным образом в клубнях, значительно меньше транскриптов наблюдается в других тканях [8]. Показано, что пататин-подобные белки обладают ферментативной активностью неспецифической ациллипид-гидролазы,  $\beta$ -1,3-глюканазы, ацилтрансферазы и  $\beta$ -1,2-ксилозидазы, 1,3-эндоглюканазы, ациллипид-гидролазы, фосфолипазы A2, которые являются признанными антипатогенными белками, участвующими в механизмах защиты растений [9, 10, 11]. Таким образом, пататины выступают не только в качестве запасных белков, как считалось долгое время, но также являются частью системы защиты растений картофеля.

В настоящее время имеются данные о том, что в клетках трансгенных растений, синтезирующих антимикробные пептиды, наблюдаются изменения в транскрипции ряда генов-хозяина, в частности, сверхэкспрессия генов защиты от окислительного стресса даже в отсутствие фитопатогенной инфекции, при этом растения приводятся в состояние предварительной адаптации и приобретают устойчивость к окислительному стрессу. Так, трансгенная экспрессия цекропина А в клетках риса приводила к перепрограммированию транскрипционного статуса клетки, сопровождаемому адаптацией к заражению грибным фитопатогеном [12]. Полученные нами данные также свидетельствуют в пользу того, что наблюдаемая повышенная устойчивость к фитотрофу исследуемых линий картофеля с экспрессируемыми генами антимикробных пептидов может быть следствием не только прямой антифунгицидной активности цекропин-мелиттиновых КАП, но и опосредованной трансгенозом сверхэкспрессии ряда генов-хозяина, входящих в систему защиты растений. Такого рода генами являются гены пататин-подобных белков, повышенное накопление которых в клетках трансгенных растений и было обнаружено в данной работе.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведена протеомная оценка функционального состояния трансгенных линий растений картофеля с экспрессируемыми генами антимикробных пептидов цекропин-мелиттинового типа. Показано, что в клубнях трансгенных

линий, полученных на основе сортов белорусской селекции Одиссей и Ветразь, наблюдается повышенное накопление белков семейства пататинов, что может быть следствием активации защитной системы растений под воздействием конститутивного трансгенного синтеза антимикробных пептидов.

#### Список литературы

1. Бурьянов, Я.И. Стратегия создания трансгенных растений с устойчивостью к фитопатогенам и вредителям / Я.И. Бурьянов, К.И. Кадо // Биоорганич. химия. – 1999. – Т. 25. – № 12. – С. 903–910.
2. Трансгенные растения картофеля белорусских сортов, экспрессирующие гены антимикробных пептидов цекропин-мелиттинового типа / Н.Л. Вутто [и др.] // Генетика. – 2010. – Т. 46. – № 9. – С.1–9.
3. Оценка устойчивости трансгенных растений картофеля белорусских сортов с генами антимикробных пептидов цекропин-мелиттинового типа к заражению *Phytophthora infestans* / Н.Л. Вутто [и др.] // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. біял. навук. – 2012. – № 2. – С. 69–73.
4. Bradford, M.M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding / M.M. Bradford // Anal. Biochem. – 1976. – Vol. 72. – P. 248–254.
5. Пальцев, М.А. Молекулярная медицина и прогресс фундаментальных наук / М.А. Пальцев // Вестник Российской акад. наук. – 2002. – Том 72. – № 1. – С. 13–21.
6. The effect of storage of whole potatoes of three cultivars on the patatin and protease inhibitor content; a study using capillary electrophoresis and MALDI-TOF mass spectrometry / A.M. Pots [et al.] // J Science of Food and Agricult. – 1999. – Vol. 79. – P. 1557–1564.
7. Gene expression during tuber development in potato plants / S. Prat [et al.] // FEBS Letters. – 1990. – Vol. 268. – P. 334–338.
8. Gene expression during tuber development in potato plants / S. Prat [et al.] // FEBS Letters. – 1990. – Vol. 268. – P. 334–338.
9. Purification and characterization of s-xylosidase from potatoes (*Solanum tuberosum*) / C. Peyer [et al.] // BBA-Proteins and Proteomics. – 2004. – Vol. 1672. – P. 27–35.
10. Barta, J. Patatin, the major protein of potato (*Solanum tuberosum* L.) Tubers, and its occurrence as genotype effect: processing versus table potatoes / J. Barta, V. Bartova // Czech J. Food Sci. – Vol. 26. – № 5. – P. 347–359.
11. A pathogen-inducible patatin-like lipid acyl hydrolase facilitates fungal and bacterial host colonization in *Arabidopsis* / S. La Camera [et al.] // Plant J. – 2005. – Vol. 44. – № 5. – P. 810–825.
12. Production of cecropin A in transgenic rice plants has an impact on host gene expression / S. Campo [et al.] // Plant Biotechnol. J. – 2008. – Vol. 6. – P. 585–608.

Поступила в редакцию 20.11.2015 г.

YU.S. BAKAKINA, T.A. GAPEEVA, L.V. DUBOVSKAYA,  
I.D. VOLOTOVSKIY

**PROTEOMIC ANALYSIS OF TRANSGENIC POTATO PLANTS  
EXPRESSING THE GENES OF ANTIMICROBIAL PEPTIDES  
FOR EVALUATION OF THEIR FUNCTIONAL STATUS**

**SUMMARY**

*The proteomic evaluation of transgenic potato plants derived from the cultivars of Belarusian breeding expressing the genes of antimicrobial peptides of the cecropin-melittin type was conducted. The increased accumulation of patatin proteins was observed. That fact can be a result of plant defense system activation under constitutive transgenic synthesis of antimicrobial peptides.*

*Key words: antimicrobial peptides, transgenic plants of *Solanum tuberosum*, patatins, proteomic analysis, transgenic plants *Solanum tuberosum*.*

УДК 635.21:631.524.86:632.38

**Г.А. Яковлева, В.Л. Дубинич, И.А. Родькина, Т.В. Семанюк,  
Е.А. Бедунько**

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

E-mail: y\_galina@tut.by

**ПРОЯВЛЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ К ВСЛК В ПОТОМСТВЕ  
МЕЖВИДОВЫХ СОМАТИЧЕСКИХ ГИБРИДОВ КАРТОФЕЛЯ  
С НЕКЛУБНЕНОСНЫМИ ДИКИМИ ВИДАМИ СЕРИИ  
*ETUBEROSA***

**РЕЗЮМЕ**

*Метод соматической гибридизации – надежный способ интрогрессии в геном А культурного картофеля *S. tuberosum* признака устойчивости к ВСЛК из диких видов *Solanum* генома E: *S. etuberosum*, *S. brevidens*.*

*Ключевые слова:* картофель, межвидовые соматические гибриды, неклубненосные виды *Solanum*, устойчивость к ВСЛК.

**ВВЕДЕНИЕ**

Выращивание вегетативно размножаемой культуры картофеля тесно связано с исследованиями вирусов растений, так как отсутствие эффективного контроля вирусов вызывает значительные потери ее урожая и качества [1]. Вирус скручивания листьев картофеля (ВСЛК) или L-вирус является одним из наиболее вредоносных вирусов данной культуры. Доля потери урожая определена в пределах 20–87 %, а содержания крахмала – 2,0 % [2]. Вирус L может поражать не только листья, но и клубни картофеля. Он вызывает внутренний сетчатый некроз клубня у ряда сортов [1, 3].

Источники генов устойчивости к вирусам картофеля – дикорастущие виды *Solanum*, секции *Petota* Dumortier, включающей подсекции: неклубненосных видов *Estolonifera* и клубненосных – *Potatoe*. Английский систематик Hawkes, суммируя результаты оценки на устойчивость к вирусам, в качестве видов, наиболее ценных как источников устойчивости к ВСЛК, отмечает неклубненосные виды *S. brevidens*, *S. etuberosum* и клубненосные – *S. acaule*, *S. raphanifolium* [4]. Особый интерес представляет создание межвидовых гибридов между культурным картофелем *S. tuberosum* и видами *Solanum* с балансовым числом эндосперма (EBN), равным 1, которые практически недоступны для половой гибридизации [5, 6]. Значение EBN видов *S. brevidens*, *S. etuberosum* серии *Etuberosa* равно 1. В экспериментах Jackson и Hanneman они практически не завязывали ягод в реципрокных скрещиваниях с фертильными образцами культурного тетраплоидного картофеля при использовании

в качестве материнской или отцовской формы. Проблема с получением семян сохраняется и при половой гибридизации между дигаплоидами картофеля и видами серии *Etuberosa* [5, 6].

Широкое распространение в мире получило создание межвидовых гибридов между *S. tuberosum* и не клубненосными видами *S. brevidens*, *S. etuberosum* посредством соматической гибридизации картофеля [7]. Соматическая гибридизация картофеля не только преодолевает барьеры нескрещиваемости, но и индуцирует в гибридах изменения на молекулярном, геномном и хромосомном уровнях [8].

Метод соматической гибридизации обеспечивает возможность одновременного переноса ядерных и цитоплазматических генов обоих родителей и получения для селекции исходного материала с увеличенной генетической вариабельностью. При анализе соматических гибридов картофеля различных комбинаций обнаружены гибриды со всеми возможными вариантами сочетаний пластид и митохондрий, описано образование новых митохондриальных геномов [9, 10]. Использование 29 молекулярных маркеров, специфичных геномам митохондрий и хлоропластов, для 26 соматических гибридов комбинации *S. tuberosum* + *S. etuberosum* позволило выявить полиморфизм по 5 хлоропластным и 13 митохондриальным ДНК-маркерам и образование новых фрагментов митохондриальной ДНК [11]. На примере соматических гибридов картофеля обнаружена связь между содержанием крахмала и типом конфигурации митохондриального и хлоропластного геномов [12].

У соматических гибридов возможно появление нового признака, не свойственного ни одному из родителей. Разные авторы описали проявление устойчивости клубней соматических гибридов картофеля с не клубненосным видом *S. brevidens* к поражению бактериальными гнилями, вызываемыми *Erwinia* sp., или парше обыкновенной, вызываемой видами *Streptomyces* (*S. scabies*, *S. turgidiscabie* и *S. acidiscabie*) [13, 14]. В обоих случаях признак устойчивости к патогену отсутствовал у культурного родителя – *S. tuberosum* и передавался потомству от скрещивания соматических гибридов и сортов картофеля, поражаемых соответствующими возбудителями. В 2013 г. появилось сообщение о создании в Южной Корее первого сорта картофеля Jeseo, созданного на основе соматического гибрида HBS5 между сортом картофеля Dejima и образцом PI 218228 вида *S. brevidens* [14]. По-видимому, успех авторов в значительной степени определяется хорошо продуманным подбором культурного партнера для соматической гибридизации с не клубненосным видом. Сорт Dejima отличается высокой урожайностью и хорошим качеством клубней и был использован также в качестве опылителя в двух последующих беккроссах: (HBS5 × Dejima) × Dejima. Гибрид, давший начало сорту, был отобран во втором беккроссе.

Сорт Jeseo сохраняет признак устойчивости к L-вирусу картофеля, присутствующий образцу PI 218228 дикого вида *S. brevidens* и соматическому гибриду HBS5 [14].

Широкое использование различных образцов диких неклубненосных видов *S. brevidens*, *S. etuberosum* (геном E) в соматической гибридизации с *S. tuberosum* (геном A) чаще всего определяется желанием исследователей обогатить геном культурного картофеля новыми генами устойчивости к вирусам картофеля L и Y, ранее не доступными для селекции культуры [7]. Расщепление ВСЗ популяции соматического гибрида комбинации *etb* + (*tbr* × *ber*) по устойчивости к ВСЛК используют для картирования гена *Rlr<sub>etb</sub>* устойчивости к L-вирусу картофеля из *S. etuberosum* [15].

Цель исследования – оценка возможности интрогрессии признака устойчивости к ВСЛК от неклубненосных видов серии *ETUBEROSA* в геном картофеля посредством соматической гибридизации

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Объекты исследований – межвидовые гибриды картофеля 4-х комбинаций соматической гибридизации, полученные нами ранее [16]:

три комбинации первичной соматической гибридизации;

2D – 86-6 [межвидовой гибрид (*S. tuberosum* × *S. chacoense*), 2x] + *S. etuberosum* (E55-1);

4D – 86-6 + межвидовой неклубненосный гибрид (*S. etuberosum* × *S. brevidens*) (Л49-2);

10D – *S. polyadenium* (Л39-2) + Л49-2 (*etb* × *brd*)

одна комбинация вторичной соматической гибридизации;

P – ЛДГ (дигаплоид сорта Ласунак) + соматический гибрид 10D-1.

Потомство единственного соматического гибрида комбинации 10D представлено вторичным соматическим гибридом (ВСГ) – P2-17, комбинаций 2D, 4D, P – половыми поколениями от свободного опыления соматических гибридов и скрещиваний с тетраплоидными образцами *S. tuberosum* (*tbr*-4x). Скрещивания между соматическими гибридами (СГ) проводили по схеме СГ × *tbr*-4x в условиях защищенного грунта. Полученные межвидовые гибриды (МВГ<sub>СТ</sub>) использовали для получения последующих половых поколений от свободного опыления и скрещиваний по схеме МВГ<sub>СТ</sub> × *tbr*-4x. Сеянцы в малосеменных комбинациях (от 1 до 15–18 семян в ягоде) регенерировали на питательной среде Мурасиге-Скуга в оптимальных условиях *in vitro* [17]).

Заражение картофеля ВСЛК и распространение вируса происходит посредством персиковой тли. В экспериментах по оценке устойчивости к L-вирусу картофеля помимо подсадки заранее инфицированной тли используют метод привоя анализируемого образца на растение-инфектор вируса, либо привоя черенков инфектора ВСЛК на растение тестируемого образца. Прививка является одним из наиболее жестких методов инфицирования, который обеспечивает проникновение практически любого вируса картофеля в прижившийся на растении-инфекторе привой тестируемого образца.

Тест методом прививок проводили в условиях защищенного грунта. В качестве подвоев были использованы растения картофеля, полученные из клубней

носителей вируса L. Зараженные ВСЛК клубни высаживали в 3-литровые ведра с почвенной смесью, и проросшие растения использовали в качестве подвоев. На растениях картофеля с симптомами L-вируса были выполнены прививки черенков тестируемых гибридов техникой «в расщеп» (по 3–6 прививок на образец). Тестируемые образцы выращивали в условиях теплицы из растений *in vitro* или клубней. Через неделю после выполнения прививки учитывали прижившиеся черенки. Через 30–35 суток проводили описание симптомов развития вирусоза на привоях. Одновременно осуществляли набор листового материала с привоев и подвоев для экстракции сока. Уровень накопления вируса в листьях подвоев и привоев определяли методом иммуноферментного анализа (ИФА) согласно протоколу производителей наборов. Для достоверного разграничения фоновых значений абсорбции (А) и положительных результатов высчитывали порог достоверности положительных результатов (Р) по формуле

$$P = x + 3E,$$

где  $x$  – среднее значение А для отрицательного контроля;

$3E$  – тройное значение максимального положительного отклонения абсорбции от среднего в отрицательном контроле при соответствующей длине волны [18].

При проведении ИФА сок каждого образца наносили в три лунки планшета и высчитывали среднее отклонение (СО) от Р:

$$CO = (x_1 + x_2 + x_3) / 3 - OH - P_i,$$

где  $(x_1 + x_2 + x_3) / 3$  – среднее значение оптического поглощения по трем пробам сока одного растения;

ОН – значение оптического нуля для соответствующей микроплаты;

$P_i$  – значение Р с исключением значения ОН.

За здоровые, свободные от вирусной инфекции, принимали растения со значением  $CO < 0$ .

При оценке устойчивости образца к вирусу L в тесте с прививкой использовали следующую шкалу: высокоустойчивый образец –  $CO < 0$ , хорошо развитые привои без симптомов поражения вирусом; устойчивый образец –  $0 < CO < 0,05$ , симптомы поражения вирусом отсутствуют либо слабо выражены; образец, неустойчивый к вирусу  $CO > 0,05$ , наличие симптомов вирусоза [19].

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В тесте с прививкой на растения-инфекторы ВСЛК проанализировано 35 соматических гибридов картофеля четырех комбинаций соматической гибридизации с не клубненосными видами *S. brevidens*, *S. etuberosum*, в том числе по комбинациям: 2D – 19, 4D – 14, 10D – 1, Р – 1 (табл. 1).

В комбинации 2D в качестве не клубненосного партнера использован образец E55-1 дикого вида *S. etuberosum*, комбинациях 4D и 10D – образец Л49-2 полового не клубненосного гибрида *S. etuberosum* × *S. brevidens*, комбинации вторичной соматической гибридизации Р – соматический гибрид 10D-1.

Таблица 1 – Характеристика соматических гибридов картофеля с не клубненосными видами серии *Euberosa* по устойчивости к ВСЛК в тесте с прививкой

Комбинация	Распределение межвидовых соматических гибридов по типу устойчивости к ВСЛК		
	Высокоустойчивые CO < 0	Устойчивые 0 < CO < 0,05	Восприимчивые CO > 0,05
2D	2D-4-5, 2D-8-7, 2D-8-10, 2D-125-6, 2D-154-1, 2D-154-5, 2D-265-3, 2D-265-4, 2D-265-6, 2D-265-8, 2D-294-3	2D-4-7, 2D-8-5, 2D-154-9, 2D-177-3, 2D-265-2, 2D-265-5, 2D-268-6	2D-8-6
4D	4D-11-3, 4D-12-8, 4D-14-10	4D-4-4, 4D-5-1, 4D-8-2, 4D-9-5, 4D-11-1, 4D-11-8	4D-3-1, 4D-4-3, 4D-5-2, 4D-8-1, 4D-8-3
10D		10D-1	
P	P2-17		

Согласно предыдущим данным, образец E55-1 *S. etuberosum* обладает высокой устойчивостью к ВСЛК, образец Л39-2 *S. polyadenium*, являющийся одним из родителей-партнеров комбинации соматической гибридизации 10D – неустойчив [19]. Значение показателя абсорбции CO для полового не клубненосного гибрида Л49-2 в экспериментах с прививкой варьировало в пределах от –0,011 до 0,006, что свидетельствует о его устойчивости к ВСЛК.

Наличие растений с различными нарушениями морфологических признаков – одна из характерных черт межвидовой соматической гибридизации, при которой происходит объединение нескольких, как правило, плохо совместимых геномов. Типичные симптомы поражения картофеля ВСЛК, проявляющиеся на листовой пластинке, следующие: скручивание листьев внутрь (лодочкой); появление антоциановой окраски; жесткие (кожистые), хрупкие и шуршащие листья [3, 20]. Из них только «шуршание и жесткость» могут быть однозначно связаны с развитием вируса у межвидовых соматических гибридов картофеля. Различные варианты скручивания листовой пластинки (внутри, наружу, по кромке и т. д.) и проявление антоциана могут быть присущи естественному морфологическому фенотипу межвидового соматического гибрида.

Из 19-ти линий соматических гибридов комбинации первичной соматической гибридизации 2D неустойчива к ВСЛК была только 2D-8-6 (5,3 %), у которой наблюдали значение CO > 0,05 в тесте с прививкой на растения-инфекторы L-вируса. Восемнадцать CГ<sub>2D</sub> проявили устойчивость к ВСЛК: значение CO < 0 (11 линий – группа с высокой устойчивостью) или 0 < CO < 0,05 (7 образцов) (табл. 1). Из 16 гибридов комбинации 4D неустойчивы к ВСЛК пять (31,3 %). Единственный гибрид комбинации 10D устойчив к заражению L-вирусом картофеля. В комбинации вторичной соматической гибридизации P проверена одна линия P2-17, которая проявила высокую устойчивость к ВСЛК в тесте с прививкой.

Как уже отмечалось ранее, неклубненосные виды серии *ETUBEROSA* принадлежат к видам, которые практически не скрещиваются с сортообразцами картофеля (*S. tuberosum*-4х) и весьма ограниченно с другими дикими видами [5]. Нам удалось преодолеть практическую стерильность соматических гибридов и получить половые поколения для отдельных соматических гибридов комбинаций 2D и 4D (табл. 2).

Реальные результаты по вовлечению межвидовых соматических гибридов 2D и 4D в половую гибридизацию с образованием жизнеспособного поколения BC1 были получены после их предварительного вегетативного размножения не менее 3-х лет, а для комбинации вторичной соматической гибридизации P – более 10 лет [7, 21]. Для стабилизации генома первичных соматических гибридов картофеля необходимо 3–4 года вегетативного размножения. При вегетативном размножении соматических гибридов наблюдали уменьшение доли аномальных растений и улучшение их генеративной сферы (репродуктивной функции).

Результативными в скрещиваниях по схеме СГ × tbr-4х были семь соматических гибридов комбинации 2D (2D-8-5, 2D-8-6, 2D-8-7, 2D-154-5, 2D-265-2, 2D-265-3, 2D-265-6) и шесть – 4D (4D-5-1, 4D-8-2, 4D-8-3, 4D-8-5, 4D-11-2, 4D-11-3) [21].

Соматический гибрид 10D-1 практически стерилен, хотя периодически завязывает бессемянные ягоды.

Для решения проблемы низкой фертильности межвидовых соматических гибридов V. Rokka с коллегами предложили использовать «вторую генерацию» соматических гибридов [22]. Нам удалось получить потомство от гибридизации соматического гибрида 10D-1 с дигаплоидом сорта Ласунак (ЛДГ) через процедуру вторичной соматической гибридизации. Один из вторичных соматических гибридов P2-17 был проанализирован в тесте с прививкой и показал высокую устойчивость к ВСЛК (см. табл. 1), которая сохранилась и после генетической рекомбинации в процессе мейоза – в половом потомстве от свободного опыления P2-17 (9P1-2 и 9P1-3) (табл. 3).

Таблица 2 – Характеристика межвидовых соматических гибридов 4-х комбинаций с неклубненосными видами по способности цвести, завязывать ягоды и регенерировать жизнеспособные сеянцы от свободного опыления скрещиваемости с *S. tuberosum*-4х

Комбинация	Соматические гибриды, шт.				
	Всего	Цветущие	С ягодами		
			Всего	С жизнеспособными сеянцами	
				При свободном опылении	В скрещиваниях СГ × tbr-4х
2D	56	39	23	10	7
4D	92	47	24	6	6
10D	1	1	1	0	0
P	20	12	7	1	1

Таблица 3 – Характеристика полового потомства соматических гибридов картофеля с не клубненосными видами *S. brevidens*, *S. etuberosum* по устойчивости к ВСЛК

Половое поколение СГ	Распределение МВГ <sub>СГ</sub> по устойчивости к ВСЛК в тесте с прививкой		
	Высокоустойчивые CO < 0	Устойчивые 0 < CO < 0,05	Восприимчивые CO > 0,05
<i>Потомство соматического гибрида 2D-265-2</i>			
1-е		265-2-2; 265-2-8	265-2-11
2-е	33-13; 34-5; 34-13; 34-15	34-4; 34-9	
3-е	B14-16; B14-28; B15-6; B59-1; C8-1; C14-7; C34-2; H5-8; H8-3; H21-45	C14-9; C35-5	H5-2; H8-6
4-е	C36-15; C42-1; H32-7; H77-7; H77-11	H14-1; H77-9	
5-е	H78-1; H79-1; H83-6		
<i>Потомство соматического гибрида 2D-265-3</i>			
1-е	265-3-6		16-1; 16-3
2-е	35-4; 35-11; 35-12; 35-21; C58-1; C58-4; C58-5; C58-7; C58-8; C58-9	C58-3; C59-1	C58-6
3-е	B17-1; B17-7; B17-13; C57-2; C57-8; C57-9; C57-13; C57-14	B17-16; C57-1; C71-6	B17-4; B17-6; B17-11; B17-17
4-е	C63-1; C63-4; C63-10; C63-14; C63-17; C65-2; C65-7; 15з-1	C63-2; 15з-11	C61-17; C63-9; C64-5; C65-1; 15з-15; 16з-9; 16з-15
<i>Потомство соматического гибрида 4D-8-2</i>			
1-е	4-8-2-27		
2-е	37-4; 37-8		
3-е	7-16-9; H60-2; H61-1; H61-2; H61-3; H61-4; H61-5; H61-7; H61-9; H61-11; H61-12; H61-15; H61-17; 10з-1; 11з-4; 11з-8	H61-6; 10з-8; 10з-17	H61-16; 10з-5; 10з-7; 10з-10; 10з-12; 10з-14; 11з-1; 11з-3; 11з-10
4-е	H86-4	H86-2; H86-5	
<i>Потомство соматического гибрида 4D-11-3</i>			
1-е	7-7-7; 26-1	26-6	7-7-32; 26-11
2-е	H56-6; H56-14; H56-18; H56-24; H56-32; H85-2; 4з-2; 24з-8	B27-3; H54-6; H54-12; H54-14; H54-17; H56-5; H56-8; H56-10; H85-3; 24з-11	C85-2; H54-2; H54-11; H55-1; H56-1; H56-4; H56-9; H56-13; H56-16; H56-29; 1з-4; 3з-15; ; 3з-23; 4з-7; 4з-12; 5з-2; 5з-9; 7з-16; 8з-3
<i>Потомство соматического гибрида P2-17</i>			
1-е	9P1-2; 9P1-3		

Отбор межвидовых гибридов для проведения оценки на устойчивость к ВСЛК проводили по следующим критериям: 1) наличие устойчивого к L-вирусу образца в родословной материнской форме; 2) по фенотипу растения гибрида, жизнеспособного в условиях теплицы и (или) поля; 3) способности цвести и завязывать ягоды и, если это возможно, клубни.

Среди соматических гибридов комбинаций 2D и 4D наиболее продуктивными в генерации половых поколений были 4 гибрида: 2D-265-2, 2D-265-3 и 4D-8-2, 4D-11-3.

Согласно данным оптической плотности из 33-х представителей потомства соматического гибрида 2D-265-2, привитых на инфекторы вируса L, неустойчивы к вирусу L были три со значением  $CO > 0,05$  (см. табл. 3). Доля устойчивых к ВСЛК межвидовых гибридов различных половых поколений соматического гибрида 2D-265-2 (МВГ<sub>2D-265-2</sub>) составляет 90,9 %. Признак устойчивости к ВСЛК также проявляется у трех проанализированных МВГ<sub>2D-265-2</sub> из пятого полового поколения соматического гибрида 2D-265-2.

В потомстве соматического гибрида 2D-265-3 доля устойчивых к ВСЛК межвидовых гибридов в условиях жесткой инфекционной нагрузки, создаваемой в тесте с прививкой, составила 73,9 %.

В потомстве соматического гибрида 4D-8-2 накопление вируса L в тесте с прививкой до значения  $CO > 0,05$ , свидетельствующего о способности генотипа поражаться вирусом при достаточно жесткой или длительной инфекционной нагрузке, отмечено для 9-ти гибридов из 34 (26,5 %). Соответственно доля устойчивых к заражению ВСЛК межвидовых гибридов составляет 73,5 %.

Ровно половина из проанализированных в тесте с прививкой 42 гибрида половых поколений соматического гибрида 4D-11-3, привитых на растения-инфекторы ВСЛК, сохраняют устойчивость к вирусу, присущую родителю-партнеру в комбинации соматической гибридизации 4D (см. табл. 3).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Устойчивые к вирусу L межвидовые гибриды получены в четырех комбинациях соматической гибридизации картофеля с не клубненосными вирусоустойчивыми видами *S. etuberosum*, *S. brevidens*: 2D-86-6 (*S. tuberosum* × *S. chacoense*) + *S. etuberosum*; 4D-86-6 + (*S. etuberosum* × *S. brevidens*); 10D-*S. polyadenium* + (*S. etuberosum* × *S. brevidens*); P – ЛДГ + 10D-1.

Использование в качестве не клубненосного родителя-партнера комбинации первичной соматической гибридизации 2D образца E55-1 вида *S. etuberosum* обеспечило возможность создания преимущественно устойчивых к ВСЛК межвидовых соматических гибридов картофеля. Восемнадцать соматических гибридов из 19 (94,7 %), проанализированных в тесте с прививкой на растения-инфекторы L-вируса, были устойчивы к заражению. Признак устойчивости к вирусу сохранялся после генетической рекомбинации в процессе мейоза вплоть до 5-го полового поколения соматического гибрида.

При анализе 81 представителя в половых поколениях двух соматических гибридов комбинации 2D устойчивость к ВСЛК выявлена у 64 межвидовых гибридов (79 %).

В комбинациях первичной соматической гибридизации 4D и 10D не клубеносный родитель-партнер представлен половым гибридом *S. etuberosum* × *S. brevidens*. Устойчивость к ВСЛК в условиях жесткой инфекционной нагрузки, создаваемой в тесте с прививкой, наблюдали у 9-ти соматических гибридов 4D из 14 (64,3 %). Доля устойчивых к заражению L-вирусом гибридов в половых поколениях (с 1-го по 4-е) двух соматических гибридов комбинации 4D составила 60,5 % (46 из 76).

Единственный соматический гибрид 10D-1 имеет высокую степень устойчивости к ВСЛК, но является практически стерильным. Потомство от первичного соматического гибрида 10D-1 было получено только при использовании вторичной соматической гибридизации. Высокая степень устойчивости к вирусу L проявилась у потомка СТ<sub>10D-1</sub> – вторичного соматического гибрида P2-17 – и сохранилась в его половом потомстве, прошедшем стадию генетической рекомбинации в процессе мейоза.

Метод соматической гибридизации – надежный способ интрогрессии в геном А культурного картофеля *S. tuberosum* признака устойчивости к ВСЛК из диких видов *S. etuberosum*, *S. brevidens* генома Е.

#### Список литературы

1. Virus and virus-like diseases of potatoes and production of seed-potatoes / Gad Loebenstein [et al.]. – Dordrecht/Boston/London: Kluwer Academic Publishers, 2000. – 460 p.
2. Картофель. Возделывание, уборка, хранение / Д. Шпаар [и др.]; под ред. Д. Шпаара. – Торжок: ООО «Вариант», 2004. – 466 с.
3. Блоцкая, Ж.В. Вирусные болезни картофеля / Ж.В. Блоцкая. – Минск: Навука і тэхніка, 1993. – 222 с.
4. Hawkes, J.G. The potato. Evolution, biodiversity and genetic resources / J.G. Hawkes // USA: Smithsonian Institution Press. – USA, 1990. – 259 p.
5. Jackson, S.A. Crossability between cultivated and wild tuber- and non-tuber-bearing *Solanums* / S.A. Jackson, R.E Hanneman // Euphytica. – 1999. – Vol. 109. – P. 51–67.
6. Ермишин, А.П. Картофель. Генетические основы селекции растений. / А.П. Ермишин, Е.В. Воронкова, В.А. Козлов // Частная генетика растений: в 4 т. / науч. ред. А.В. Кильчевский, Л.В. Хотылева. – Минск: Беларус. навука, 2010. – Т. 2. – Гл. 4. – С. 156–234.
7. Яковлева, Г.А. Соматическая гибридизация и клеточная селекция картофеля (*Solanum tuberosum* L.) / Генетические основы селекции растений: в 4 т. / науч. ред. А.В. Кильчевский, Л.В. Хотылева. – Минск: Беларус. навука, 2012. – Т. 3: Биотехнология в селекции растений. Клеточная инженерия. – Гл. 4. – С. 217–250.

8. Гавриленко, Т.А. Межродовая, межвидовая, внутривидовая гибридизация пасленовых на примере *Solanum* и *Lycopersicon* (генетические и биотехнологические аспекты): автореф. дис. ... д-ра биол. наук // Т.А. Гавриленко; Всероссийский НИИ растениеводства им. Н.И. Вавилова РАСХ. – СПб., 1999. – 40 с.
9. Антонова, О.Ю. Полиморфизм оргanelльных ДНК у сортов картофеля, видов рода *Solanum* секции *Petota* и межвидовых соматических гибридов: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.15 / О.Ю. Антонова; ГНУ ГНЦ РФ ВИР. – СПб., 2006 – 21 с.
10. Chondriome-type characterization of potato: mt  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$ ,  $\epsilon$  and novel plastid-mitochondrial configurations in somatic hybrids / A. Lössl [et al.] // Theor. Appl. Genet. – 1999. – Vol. 98. – P. 1–10.
11. Analysis of plastome and chondriome genome types in potato Somatic hybrids from *Solanum tuberosum*  $\times$  *Solanum etuberosum* / J.K. Tiwari, P. Chandel, B.P. Singh [et. al.] // Genome, 2014. – Vol. 57. – P. 29–35. dx.doi.org/10.1139/gen-2013-0122.
12. Molecular markers for cytoplasm in potato: male sterility and contribution of different plastid-mitochondrial configurations to starch production / A. Lössl [et al.] // Euphytica. – 2000. – Vol. 116. – P. 221-230.
13. Fertile interspecific somatic hybrids of *Solanum* : a novel source of resistance to *Erwinia* soft rot / S. Austin [et al.] // Phytopathology. – 1988. – Vol.78. – № 9. – P. 1217–1220.
14. 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.
15. Kelley, K.B. Mapping of the potato leafroll virus resistance gene, *Rlr<sub>etb</sub>*, from *Solanum etuberosum* identifies interchromosomal translocations among its E-genome chromosomes 4 and 9 relative to the A-genome of *Solanum* L. sect. *Petota* / K.B. Kelley, J.L. Whitworth, R.G. Novy // Mol Breeding, 2009. – Vol. 23. – P. 489–500 DOI10.1007/s11032-008-9251-x.
16. Гибридизация картофеля с не клубненосами *Solanum* / Г.А. Яковлева [и др.] // Картофелеводство: сб. научн. тр. / РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству»; редкол.: В.Г. Иванюк (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2010. – Т. 17. – С. 236–249.
17. Методы культуры тканей в физиологии и биохимии растений / Ф.Л. Калинин и [др.]. – Киев: Наукова думка, 1980. – 488 с.
18. Диагностика вирусов в селекции и семеноводстве картофеля: метод. рекоменд. / Всесоюз. академия с.-х. наук, Отделение защиты растений; Московская с.-х. академия им. К.А. Тимирязева. – М., 1988. – 30 с.
19. Выявление источников генов устойчивости к вирусам YVK и ВСЛК среди диких видов и межвидовых соматических гибридов картофеля / Г.А. Яковлева [и др.] // Картофелеводство: сб. научн. тр. / РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству»; редкол. В.Г. Иванюк (гл. ред.) и [др.] – Минск, 2009. – Т. 16. – С. 65–76.

20. Cuperus, C. Potato leaf roll virus / C. Cuperus, J.A. Bokx // Potato diseases. Diseases, pests and defects; Eds. A. Mulder and L.J. Turkensteen. – NIVAP HOLLAND, 2005. – PLRV. – P. 93–95.

21. Яковлева, Г.А. Расширение генофонда, доступного для селекции картофеля, за счет использования межвидовых соматических гибридов / Г.А. Яковлева, Т.В. Семанюк, В.Л. Дубинич // Использование мировых генетических ресурсов ВИР в создании сортов картофеля нового поколения: материалы Всероссийской научно-координационной конф., посвящ. 100-летию со дня рождения акад. К.З. Будина, Санкт-Петербург, 28–29 июля 2009 г. / ГНУ ГНЦ РФ ВИР им. Н.И. Вавилова; под общ. ред. Н.И. Дзюбенко. – 2009. – С. 230–238.

22. Rokka, V.-M. Production and Characterization of «Second Generation» Somatic Hybrids Derived from Protoplast Fusion Between Interspecific Somatohaploid and Dihaploid *Solanum Tuberosum* L. / V.-M. Rokka [et al.] // Amer J of Potato Res., 2000. – V. 77 – P. 149–159.

Поступила в редакцию 10.11.2015 г.

G.A. YAKOVLEVA, V.L. DUBINICH, I.A. RODKINA,  
T.V. SEMANYUK, E.A. BEDUNKO

**RESISTANCE TO PLRV IN PROGENY OF INTERSPECIFIC  
SOMATIC HYBRIDS OF POTATO WITH NON-TUBEROUS  
WILDLIFE VARIETIES OF THE *ETUBEROSA* SERIES**

**SUMMARY**

*Somatic hybridization method is a reliable way of introgression in the cultural potato *S. tuberosum* of the genome resistance to PLVR from wildlife *Solanum* varieties of genome E: *S. etuberosum*, *S. brevidens*.*

*Key words:* potato, interspecific somatic hybrids, non-tuberous *Solanum* varieties, resistance to PLVR.

УДК 635.21:631.527.5

Г.А. Яковлева, Ю.В. Яхонт, Д.В. Башко, В.Л. Дубинич,  
Т.В. Семанюк, К.А. Щурко

РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по картофелеводству  
и плодоовощеводству», аг. Самохваловичи, Минский район  
E-mail: y\_galina@tut.by

## ИНТРОГРЕССИЯ ГЕНЕТИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ НЕКЛУБНЕНОСНОГО ВИДА *SOLANUM ETUBEROSUM* В КАРТОФЕЛЬ ПОСРЕДСТВОМ СОМАТИЧЕСКОЙ ГИБРИДИЗАЦИИ

### РЕЗЮМЕ

*Интрогрессия генетических элементов неклубненосных видов Solanum в геном культурного картофеля S. tuberosum посредством соматической гибридизации подтверждена SCAR-маркером COS4 на ген COSII\_Atg14320 из S. etuberosum.*

*Ключевые слова:* картофель, межвидовые соматические гибриды, неклубненосные виды Solanum, SCAR-маркер COS4 генетических элементов S. etuberosum.

### ВВЕДЕНИЕ

Дикие виды рода *Solanum*: *S. etuberosum* (etb) и *S. brevidens* (brd), принадлежащие секции *Petota Dumortier*, подсекции неклубненосов *Estolonifera Hawkes*, серии *Etuberosa Juzepczuk*, не способны к образованию клубней [1, 2]. При перечислении источников устойчивости к ВСЛК *Hawkes* ставит виды brd и etb на первое место, затем следуют виды *S. acaule* и *S. raphanifolium* [1]. Виды серии *Etuberosa* родом из Южной Америки и имеют балансовое число эндосперма (EBN), равное 1 [2]. Согласно гипотезе о балансовом числе эндосперма EBN, которое часто называют эффективной плоидностью, для нормального развития эндосперма у представителей *Solanum* отношение материнского EBN к отцовскому EBN должно соответствовать 2:1. В экспериментах Jackson и Hanneman виды *S. etuberosum* и *S. brevidens* практически не завязывали ягод в реципрокных скрещиваниях с фертильными образцами культурного тетраплоидного картофеля при использовании в качестве материнской или отцовской формы [4]. Образование трех бессемянных ягод было отмечено лишь в варианте скрещиваний в направлении *S. etuberosum* × *S. tuberosum*-4x. Проблема с получением семян сохраняется и при половой гибридизации между дигаплоидами картофеля и видами *Etuberosa* [3].

Преодоление барьеров несовместимости между культурным картофелем *S. tuberosum*-4x (tbr-4x) с геномом А и неклубненосными видами *S. etuberosum*

и *S. brevidens* с геномом E возможно с привлечением соматической гибридизации, позволяющей слить протопласты растений не только из разных видов, но и родов, и семейств [5].

Соматические гибриды с *S. etuberosum* проявляли устойчивость к вирусам картофеля Y, L, X, черной ножке [6–12]. Показана передача признака устойчивости к вирусам второму (для YВК) и третьему (для ВСЛК) бек-кроссам с tbr-4х [10]. Устойчивость соматических гибридов etb + tbr к ВСЛК связывают с наличием в их геноме гена Rlr<sub>etb</sub> устойчивости к вирусу L, до сих пор незадействованного в селекции картофеля вследствие недоступности *S. etuberosum*. В исследованиях по молекулярному маркированию цитоплазмона устойчивых к Y-вирусу соматических гибридов между дигаплоидом С-13 и *S. etuberosum* показана широкая вариация митохондриального и хлоропластного геномов [13]. Авторы делают вывод об уникальном потенциале соматической гибридизации для обогащения генетического пула культурного картофеля генетическим материалом из цитоплазмы диких видов.

Соматические гибриды картофеля с *S. brevidens* устойчивы к ВСЛК, YВК, мягкой гнили клубня, парше обыкновенной [14–20]. В Южной Корее создан первый сорт картофеля на основе соматического гибрида [21]. Сорт Jeseo создан в рамках селекционной программы после двух последовательных бек-кроссов соматического гибрида Dejima + *S. brevidens* сортом Dejima, использованным в качестве опылителя, и отличается устойчивостью к парше обыкновенной, вызываемой видами *Streptomyces* (*S. scabies*, *S. turgidiscabie* и *S. acidiscabie*), перенесенной от соматического гибрида.

В лаборатории биотехнологии созданы соматические гибриды картофеля шести комбинаций с участием видов etb и brd, для трех из которых получено половое поколение [22, 23].

Цель настоящей работы: использование молекулярного маркирования для анализа интрогрессии генетических элементов не клубненосных видов в соматические гибриды и их половые поколения.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Объекты исследований:

I – межвидовые гибриды картофеля шести комбинаций соматической гибридизации, полученные нами ранее [22, 23]:

2D – 86-6 [межвидовой гибрид (*S. tuberosum* × *S. chacoense*), 2х] + *S. etuberosum* (E55-1);

4D – 86-6 + межвидовой не клубненосный гибрид (*S. etuberosum* × *S. brevidens*) (Л49-2);

10D – *S. polyadenium* (Л39-2) + Л49-2 (etb × brd);

P – ЛДГ (дигаплоид сорта Ласунак) + соматический гибрид 10D-1;

48-78563–76 (tbr-4х) + межвидовой не клубненосный гибрид (*S. brevidens* × *S. etuberosum*) (Л48-3);

S – *S. bulbocastanum* (Sb) + 10D–1 [pld + (etb × brd)]

II – половые поколения соматических гибридов трех комбинаций: 2D, 4D и P.

Исследования на наличие генетических элементов не клубненосных видов в геноме соматических гибридов и их половых поколений проводили с использованием SCAR-маркера COS4. Данный маркер был разработан в лаборатории молекулярной биологии клетки ГНУ «Институт биофизики и клеточной инженерии НАН Беларуси» в совместной работе с сотрудниками лаборатории биотехнологии РУП «НПЦ НАН Беларуси по картофелеводству и плодовоовощеводству» для идентификации соматических гибридов и не клубненосных диких видов рода *Solanum* [24]. Специфичная пара праймеров, обозначенная нами как COS4: COS24S F (5'-TCC ACT CCC ACA TCT TTT CC-3') и COS4A R (5'-GGA AAA TTC AGC AAA ACC CA-3'), была подобрана для консервативной последовательности ядерного гена рибосомального белка хлоропластов COSII\_Atg14320 *S. etuberosum* на основе аннотированной последовательности *S. etuberosum* (NCBI-GenBank FJ599372.1).

Выделение ДНК из листочков растений *in vitro* осуществляли с помощью коммерческих наборов для экстракции и очистки ДНК Genomic DNA Purification Kit производства фирмы «Fermentas» (Литва) согласно протоколу производителей. Молекулярное маркирование со SCAR-маркером COS4 проводили согласно разработкам авторов [24]. Повторность реакции ПЦР 2–3-кратная.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Аmplификация с ПЦР-маркером COS4 обеспечивает синтез целевого фрагмента размером 368 пн, что было продемонстрировано для различных образцов не клубненосных видов *S. etuberosum*, *S. palustre* и отдельных соматических гибридов комбинаций 48 [78563–76 + (*S. brevidens* × *S. etuberosum*)], 2D [86-6 (*S. tuberosum* × *S. chacoense*) + *S. etuberosum*], 4D [86-6 + (*S. etuberosum* × *S. brevidens*)] [24]. Из проанализированного 31 соматического гибрида шести комбинаций маркер присутствует у 30-ти за исключением одного гибрида S6 комбинации S (табл. 1).

Расстояние до вида *S. etuberosum* (etb) различно для соматических гибридов комбинаций слияния протопластов. Соматические гибриды комбинации 2D (86-6 + etb) получены при слиянии протопластов диплоидного гибрида культурного картофеля 86–6 (tbr-2x r chc) и непосредственно образца E55-1 вида etb. В соматических гибридах комбинации 4D [86-6 + (etb × brd)] тот же самый культурный родитель-партнер 86-6, а дикий представлен половым гибридом Л49-2 (etb × brd) между видами *S. etuberosum* и *S. brevidens*. В гибридах комбинации 4D вид etb удален на одно генеративное поколение. Приблизительно та же ситуация по отношению к *S. etuberosum* у соматических гибридов комбинации 48. Дикий родитель представлен половым гибридом Л48-3 (brd × etb) между видами *S. etuberosum* и *S. brevidens*, только в отличие от гибрида Л49-2, *S. etuberosum* является отцовской формой. Во вторичных соматических гибридах комбинации P {ЛДГ (tbr-2x) + 10D-1 [Л39-2 (pld) + Л49-2 (etb × brd)]} и S (blb + 10D-1) один из родителей представлен первичным

Таблица 1 – Характеристика комбинаций соматической гибридизации с присутствием в родословной одного из родителей не клубненосных видов по наличию ПЦР-маркера COS4

Распределение соматических гибридов различных комбинаций по наличию ПЦР-маркера COS4					
Комбинация	Проведено гибридов, шт.	Гибриды с маркером COS4		Гибриды без маркера COS4	
		Всего, шт.	Название образца	Всего, шт.	Название образца
2D: (tbr × chc) + etb	9	9	2D-4-5, 2D-8-5, 2D-8-7, 2D-154-5, 2D-265-2, 2D-265-3, 2D-265-4, 2D-265-5, 2D-265-8		
4D: (tbr × chc) + (etb × brd)	5	5	4D-5-1, 4D-5-2, 4D-8-2, 4D-11-2, 4D-11-3		
48: tbr + (brd × etb)	5	5	48-1-7, 48-2-1, 48-2-7, 48-3-2, 48-5-9		
10D: pld + (etb × brd)	1	1	10D-1		
S: 10D-1 + blb	10	9	S6-1; S6-2; S6-3; S7-1; S12-2; S13-2; S28; S28-1; S28-2	1	S6
P: 10D-1 + tbr	1	1	P2-17		

Примечание. Аббревиатура видов дана по Hawkes [1].

соматическим гибридом между видом *S. polyadenium* (pld) и гибридом Л49-2, и расстояние до вида etb дополнительно увеличивается на одно соматическое слияние.

Во вторичном соматическом гибриде P2-17 картофеля комбинации P присутствует фрагмент ДНК, соответствующий маркеру COS4 (рис. 1). Данный фрагмент отсутствует у культурного родителя-партнера ЛДГ (LDG на рис. 1) и присутствует у дикого родителя-партнера соматического гибрида 10D-1 (10-16 на рис. 1).

Проведение ПЦР-анализа с маркером COS4 возможно с использованием в качестве внутреннего контроля пары праймеров ВСН, как это представлено на рисунке 2.

Использование маркера ВСН в качестве внутреннего положительного контроля в реакции ПЦР с ДНК-маркером TG689 идентификации гена Н1 устойчивости к золотистой картофельной нематоды было отработано российскими коллегами из ВНИИКХ РАСХН [25].

Мы провели оптимизацию молекулярного маркирования генотипов картофеля с маркером COS4. Оптимизация обеспечивает возможность одновременного использования двух пар праймеров: 1) COS24S F (5'-TCC ACT CCC ACA TCT TTT CC-3') и COS4A R (5'-GGA AAA TTC AGC AAA ACC CA-3'); 2) ВСН F (CGT TTG GCG CTG CCG TAA GTT) и ВСН R (CAT GAC ATA GTT TGA ATT TTG AGT C). С парой праймеров ВСН в реакции ПЦР амплифицируется



Рисунок 1 – Амплификация с маркером COS4 на ДНК-матрицах вторичного соматического гибрида P2-17 и его генеративного поколения: LDG, 10-16 – культурный и дикий родители-партнеры комбинации соматической гибридизации P; P2-17 – соматический гибрид; 09P/1-2, 09P/1-3 – половое потомство от свободного опыления P2-17

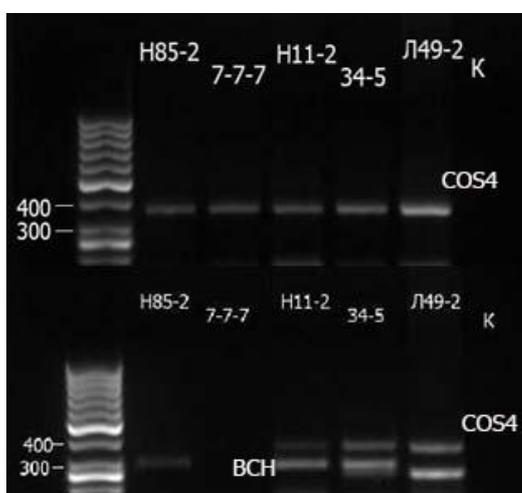


Рисунок 2 – ПЦР с маркерами COS4 (верх) и COS4 + BCH (низ): Л49-2 (половой гибрид *S. etuberosum* × *S. brevidens*) – положительный контроль; К – отрицательный контроль (H<sub>2</sub>O, половое потомство соматических гибридов 2D (34-5, H11-2) и 4D (7-7-7, H85-2))

продукт размером 290 пн у всех анализируемых генотипов картофеля независимо от наличия или отсутствия в их геноме нуклеотидной последовательности целевого гена. Синтезируемый с помощью маркера BCH продукт позволяет судить о качестве матрицы ДНК и является свидетельством того, что реакция ПЦР прошла. Таким образом, ампликон в 290 пн используется как внутренний положительный контроль в реакции ПЦР со SCAR-маркером COS4.

На рисунке 2 представлено два варианта реакции ПЦР со SCAR-маркером COS4 для одних и тех же межвидовых гибридов: верх – с праймерами на маркер COS4 и низ – с дополнительным маркером BCH внутреннего контроля.

Ампликон вблизи коммерческого маркера (50bp to 1kb) в 400 пн соответствует по размеру фрагменту ДНК в 368 пн, синтез которого обеспечивает пара праймеров маркера COS4, присутствует у всех анализируемых образцов в верхней части фотографии. Отличие между образцами наблюдается в интенсивности полосы специфичной COS4. В нижней части фотографии, представляющей разделение продуктов реакции ПЦР с двумя маркерами, ампликон, специфичный для COS4, не визуализируется у образцов Н85-2 и 7-7-7. Отсутствие фрагмента ДНК, специфичного ВСН (вблизи полосы в 300 пн), у образца 7-7-7 свидетельствует о проблеме с реакцией ПЦР для данного образца и может не учитываться. При использовании в качестве матрицы ДНК образца Н85-2 присутствует ампликон маркера ВСН и отсутствует ампликон маркера COS4. Учитывая данные верхнего геля, для заключения о положительном результате ПЦР-анализа на COS4 для данного образца были проведены дополнительные реакции ПЦР.

Критический момент соматической гибридизации – проблема с фертильностью соматических гибридов и их способностью к генерации жизнеспособного потомства в скрещиваниях с культурным картофелем. Генерация полового потомства соматических гибридов имеет самостоятельную ценность независимо от наличия значимых для селекции признаков вследствие увеличения генетического пула картофеля, доступного селекционеру.

В лаборатории биотехнологии получены половые поколения межвидовых соматических гибридов комбинаций 2D [86-6 (tbr-2x × chc) + etb], 4D [86-6 + (etb × brd)], P {ЛДГ + 10D-1 [pld + (etb × brd)]}. Половые поколения соматических гибридов представляют собой сложные межвидовые гибриды с включением в геном генетического материала ядра и цитоплазмы нескольких видов и обозначены соответственно  $МВГ_{2D}$ ,  $МВГ_{4D}$ ,  $МВГ_P$ . Соматическая гибридизация обеспечивает взаимодействие цитоплазм обоих родителей в отличие от традиционных скрещиваний, когда гибридный материал содержит цитоплазму только материнской формы.

В предыдущих исследованиях с использованием ПЦР-праймеров, маркирующих специфические последовательности пластид (cpSSR) и митохондрий (mtSSR), нами показано наличие различных комбинаций родительских органелл у соматических гибридов с неclubненосными видами: преимущественно гибридной для 2D и сочетание цитоплазмы культурного родителя и нового типа для 4D [5, 26].

Сложные межвидовые гибриды комбинации  $МВГ_{2D}$  содержат в своей родословной три вида tbr, chc, etb и цитоплазму двух – культурного картофеля tbr и неclubненосного вида etb;  $МВГ_{4D}$  – четыре вида tbr, chc, etb, brd и цитоплазму двух – tbr, etb;  $МВГ_P$  – пять видов tbr, chc, etb, brd, pld и цитоплазму трех – tbr, etb, pld.

В наших экспериментах при ПЦР-анализе половых поколений соматических гибридов 2D и 4D выявлено наличие маркера COS4 у 17 из 25  $МВГ_{2D}$  и у 8 из 29  $МВГ_{4D}$  (табл. 2).

Таблица 2 – Характеристика комбинаций с присутствием в родословной одного из родителей соматического гибрида с не клубненосными видами по наличию ПЦР-маркера COS4

МВГ <sub>СТ</sub>	Распределение межвидовых гибридов различных комбинаций по наличию ПЦР-маркера COS4				
	Проведено гибридов, шт.	Гибриды с маркером COS4		Гибриды без маркера COS4	
		Всего, шт.	Название образца	Всего, шт.	Название образца
МВГ <sub>2D</sub>	25	17	33-13; 34-5; В14-16; В14-28; С50-4; Н5-2; Н8-3; Н11-2; Н14-1; Н21-45; Н32-7; Н77-7; Н77-9; Н77-11; Н78-1; Н79-1; Н83-6	8	35-4; С59-1; С58-5; С58-8; С57-2; С63-4; С65-7; С64-5
МВГ <sub>4D</sub>	29	8	7-7-7; 26-6; 37-4; Н60-2; Н85-2; Н61-8; 53-9; 83-3	21	Н57-3; Н57-6; Н61-1; Н61-2; Н61-3; Н61-4; Н61-5; Н61-6; Н61-7; Н61-9; Н61-10; Н61-11; Н61-12; Н61-13; Н61-14; Н61-15; Н61-16; Н61-17; 33-23; 43-7; 43-12
МВГ <sub>Р</sub>	2	2	09Р/1-2; 09Р/1-3		
Итого	56	27		29	

Положительный ответ с ДНК-маркером COS4 получен для МВГ<sub>2D</sub> Н78-1, Н79-1, Н83-6, представляющих пятое половое поколение соматического гибрида 2D-265-2 – максимальная удаленность от вида *S. etuberosum* в нашем эксперименте. Отсутствие синтеза фрагмента, специфичного ПЦР-маркеру COS4, не является однозначным свидетельством отсутствия генетических элементов не клубненосных видов *Solanum* из-за ограниченности конкретным геном из *S. etuberosum* [24].

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По итогам ПЦР-маркирования в половых поколениях соматических гибридов трех комбинаций нами выделено 27 генотипов с маркером COS4 на генетические элементы не клубненосного вида *S. etuberosum*, в том числе 17 для комбинации 2D, 8 – 4D, 2 – Р.

Полученные результаты свидетельствуют о реальной интрогрессии генетического материала не клубненосного вида *S. etuberosum* в геном культурного картофеля посредством соматической гибридизации.

### Список литературы

1. Hawkes, J.G. The potato. Evolution, biodiversity and genetic resources / J.G. Hawkes. – Washington: Smithsonian Institution Press, 1990. – 259 p.

2. Hawkes, J.G. Evolutionary relationships of wild and cultivated potatoes / J.G. Hawkes // Schriftenreihe des Informationszentrums fuer Genetische Ressourcen (IGR) (Germany). – Bonn, 1996. – Vol. 4. – P. 62–87.
3. Картофель // Генетические основы селекции растений: в 4 т. / А.П. Ермашин [и др.]. – Минск: Беларус. навука, 2008–2014. – Т. 2: Частная генетика растений / науч. ред. А.В. Кильчевский, Л.В. Хотылева. – 2010. – Гл. 4. – С. 156–234.
4. Jackson, S.A. Crossability between cultivated and wild tuber- and non-tuber-bearing *Solanums* / S.A. Jackson, R.E Hanneman // *Euphytica*. – 1999. – Vol. 109. – P. 51–67.
5. 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.
6. Fertile somatic hybrids of *Solanum etuberosum* (+) dihaploid *Solanum tuberosum* and their backcrossing progenies: relationships of genome dosage with tuber development and resistance to potato virus Y / T. Gavrilenko [et al.] // *Euphytica*. – 2003. – Vol. 131. – P. 323–332.
7. Use of somatic hybridization to transfer resistance to late blight and potato virus Y (PVY) into cultivated potato / R. Thieme [et al.] // *Plant Breeding and Seed Science*. – 2004. – Vol. 50. – P. 113–118.
8. Somatic hybrids between *Solanum etuberosum* and diploid, tuber bearing *Solanum* clones / R. G. Novy [et al.] // *Theor Appl Genet*. – 1994. – Vol. 89. – P. 775–782.
9. Resistance to potato virus Y in somatic hybrids between *Solanum etuberosum* and *S. tuberosum* × *S. berthaultii* hybrid / R. G. Novy [et al.] // *Theor Appl Genet*. – 1994. – Vol. 89. – P. 783–786.
10. Characterization of the expression and inheritance of potato leafroll virus (PLRV) and potato virus Y (PVY) resistance in three generations of germplasm derived from *Solanum etuberosum* / R.G. Novy [et al.] // *Theor Appl Genet*. – 2007. – Vol. 114. – P. 1161–1172.
11. Gillen, A.M. Development of molecular markers for introgression of viral resistance genes from *Solanum etuberosum* / A.M. Gillen, R.G. Novy // *Am. J. Potato Res.* – 2004. – Vol. 81. – P. 61.
12. Introgression in *Solanum* by somatic hybridization / G.A. Yakovleva [et al.] // *Potato for a Changing World* (eds. S. Chiru, G. Olteanu, C. Aldea, C. Badarau) 17<sup>th</sup> TRIENNIAL CONFERENCE of the EAPR, July 06–10, 2008, Brasov, Romania. Abstracts of Papers and Posters / Transilvania University of Brasov Publishing House, 2008. – P. 409–412.
13. Analysis of plastome and chondriome genome types in potato somatic hybrids from *Solanum tuberosum* × *Solanum etuberosum* / J.K. Tiwari [et al.] // *Genome*. – 2014. – Vol. 52. – P. 29–35.

14. Transfer of resistance to potato leaf roll virus from *Solanum brevidens* into *Solanum tuberosum* by somatic fusion / S. Austin [et al.] // Plant Science. – 1985. – Vol. 39. – P. 75–82.
15. Helgeson, J.P. Somatic hybridization of wild *Solanum* species with potato: a potential source of diversity for breeders / J.P. Helgeson // Parental line breeding and selection in potato breeding: proceedings of the joint Conference of the EAPR Breeding Section and the EUCARPIA Potato Section, Wageningen, the Netherlands, 11–16 December 1988. – Netherlands, 1988. – P. 87–94.
16. Identification of somatic hybrids of dihaploid *Solanum tuberosum* lines and *S. brevidens* by species specific RAPD patterns and assessment of disease resistance of the hybrids / V.–M. Rokka [et al.] // Euphytica. – 1994. – Vol. 80. – P. 207–217.
17. Fertile interspecific somatic hybrids of *Solanum*: a novel source of resistance to *Erwinia* Soft Rot / A. Austin [et al.] // Phytopathology. – 1988. – Vol. 78. – P. 1216–1220.
18. Introgression and Stabilization of *Erwinia* Tuber Soft Rot Resistance into Potato after Somatic Hybridization of *Solanum tuberosum* and *S. brevidens* / J.M. McGrath [et al.] // Am. J. Potato Res. – 2002. – Vol. 79. – P. 19–24.
19. Transfer of tuber soft rot and early blight resistances from *Solanum brevidens* into cultivated potato / A.L. Tek [et al.] // Theor. Appl. Genet. – 2004. – Vol. 109. – P. 249–254.
20. Ahn, Y.K. Resistance to common scab developed by somatic hybrids between *Solanum brevidens* and *Solanum tuberosum* / Y.K. Ahn, T.-H. Park // Acta Agriculturae Scandinavica, Section B – Soil and Plant Science. – 2013. – Vol. 63, № 7. – P. 595–603.
21. 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.
22. Гибридизация картофеля с не клубненосами *Solanum* / Г.А. Яковлева [и др.] // Картофелеводство: сб. науч. трудов / РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству». – 2010. – Т. 17. – С. 236–249.
23. Вторичная соматическая гибридизация картофеля / Г.А. Яковлева [и др.] // Биология клеток растений in vitro и биотехнология: сб. статей X Междунар. конф., Казань, 14–18 окт. 2013 г. / Казанский ин-т биохимии и биофизики КазНЦ РАН, Ин-т физиологии растений им. К.А. Тимирязева РАН, Казанский (Приволжский) федеральный ун-т, Отделение биол. наук РАН, Научный совет по физиологии растений и фотосинтезу РАН. – Казань, Центр инновационных технологий, 2013. – С. 133–137.
24. ПЦР-идентификация образцов соматических гибридов и диких видов *Solanum* с использованием праймеров для гена COSII\_Atg14320 *S. etuberosum* / А.Н. Пундик [и др.] // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. біял. навук. – 2012. – № 2. – С. 74–79.
25. Использование ДНК-маркера гена H1 устойчивости к золотистой картофельной нематоде (*Globodera rostochiensis* Woll) для селекции картофеля /

В.А. Бирюкова [и др.] // Картофелеводство: сб. науч. трудов / РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству». – 2008. – Т. 14. – С. 28–38.

26. Клеточная инженерия в преодолении несовместимости культурного и дикого картофеля / Г.А. Яковлева [и др.] // Научное обеспечение устойчивого ведения сельскохозяйственного производства в современных условиях: материалы Междунар. научн.-практ. конференции, посвящ. 90-летию ГНУ «Татарский НИИСХ», Казань, 1–3 дек. 2010 г. / ТатНИИСХ; редкол.: М.Ш. Тагиров [и др.]. – Казань, 2010. – С. 684–692.

Поступила в редакцию 20.11.2015 г.

G.A. YAKOVLEVA, YU.V. YAHONT, D.V. BASHKO, V.L. DUBINICH,  
T.V. SEMANYUK, K.A. SCHURKO

**INTROGRESSION OF GENETIC ELEMENTS OF NON-TUBEROUS  
TYPE OF *SOLANUM ETUBEROSUM* IN POTATO BY SOMATIC  
HYBRIDIZATION MEANS**

**SUMMARY**

*Introgression of non-tuberous genetic elements of Solanum types in cultivated potato genome of S. tuberosum by somatic hybridization is validated with SCAR-marker COS4 for COSII\_Atg14320 gene of S. etuberosum.*

*Key words:* potato, interspecific somatic hybrids, non-tuberous *Solanum* varieties, SCAR-marker COS4 of c of *S. etuberosum*.

## **РАЗДЕЛ 4**

### **ИММУНИТЕТ И ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ**

УДК 635.21:632.4:632.952

**И.И. Бусько<sup>1</sup>, И.В. Леванцевич<sup>1</sup>, Г.П. Романюк<sup>2</sup>**

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

<sup>2</sup>ООО «Франдеса», г. Минск

E-mail: protection@belbulba.by

#### **ФЛАНОБИН, КС – НОВЫЙ ФУНГИЦИД ДЛЯ ЗАЩИТЫ КАРТОФЕЛЯ ОТ ФИТОФТОРОЗА И АЛЬТЕРНАРИОЗА**

##### **РЕЗЮМЕ**

*Представлены результаты изучения биологической и хозяйственной эффективности контактно-системного фунгицида Фланобин, КС для опрыскивания посадок картофеля во время вегетации против фитофтороза и альтернариоза.*

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

##### **ВВЕДЕНИЕ**

Высокие урожаи и получение высококачественных продуктов – задача мирового сельского хозяйства в XXI веке. Осуществление ее невозможно без применения современных химических средств защиты растений. Однако односторонняя направленность на использование пестицидов в Беларуси приводит к тому, что они очень быстро теряют свою эффективность из-за возникновения у возбудителей болезней резистентности к ним. В республике данное явление встречается уже у многих видов, повреждающих зерновые, плодовые, овощные культуры и картофель. Резистентность особо опасна в отношении экономически значимых вредителей и болезней картофеля – колорадского жука и фитофтороза [1].

Ассортимент применяющихся пестицидов довольно быстро изменяется как по экономическим, так и по санитарно-гигиеническим причинам. За последние годы он пополнился новыми препаратами примерно на 25–30 %. Они характеризуются низкой химической нагрузкой на окружающую среду (нормы расхода составляют 10–100 г/га), низкой токсичностью и отсутствием последствий для человека, домашних и диких животных, птиц, рыб и водных организмов [1].

Одним из препаратов, заслуживающих внимания при производстве картофеля, является Фланобин, КС (флуазинам, 250 г/л + азоксистрабин, 200 г/л), проявляющийся в качестве системно-контактного фунгицида для опрыскивания посадок во время вегетации против фитофтороза и альтернариоза.

**МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА**

Исследования проводили на опытном поле РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству». Закладка полевого опыта осуществлялась на среднепозднем сорте Вектар. Предшественник – редька масличная на сидеральное удобрение. Почва дерново-подзолистая среднесуглинистая. Содержание гумуса в пахотном слое 2,8 %, содержание  $P_2O_5$  – 28,1 мг/100 г почвы, содержание  $K_2O$  – 22,3 мг/100 г почвы, реакция почвенной среды (рН) – 5,4.

Вид опыта: мелкоделяночный, повторность опыта четырехкратная, площадь 25,2 м<sup>2</sup>, агротехника и уход за посевами общепринятые.

**Схема опыта:**

1. Без обработки;
2. Акробат МЦ, ВДГ – 2,0 кг/га (эталон);
3. Фланобин, КС – 0,75 л/га.

Обработка испытуемым препаратом осуществлялась трехкратно.

Полевые испытания проводили согласно Методическим указаниям по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве [2].

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.

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 [2, 3].

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

**РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Профилактическая обработка растений картофеля против фитофтороза и альтернариоза была проведена до выявления первых признаков заболеваний

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

на опытном участке (21 июня 2013 г. и 30 июня 2014 г.). Вторую обработку проводили через 14 дней после первой, вне зависимости от развития болезни на листьях картофеля, третья обработка проводилась 19 июля 2013 г. и 22 июля 2014 г. Появление первых признаков фитофтороза на опытном участке отмечено 5 июля 2013 г. и 28 июля 2014 г. на контроле (табл. 2, 3). Появлению данного заболевания предшествовала умеренно теплая погода с периодическим выпадением осадков. Первые пятна фитофтороза были выявлены 19 июля 2013 г. и 24 июля 2014 г. на делянках, обработанных препаратами. В дальнейшем шло постепенное нарастание заболевания и уже к 20–22 августа в контроле отмечено 70–80 % поражения листьев, а в вариантах опыта развитие составило 15 и 18 %, 10–12 % соответственно. После применения препарата Фланобин, КС развитие заболеваний на обработанных делянках приостановилось, заболевания снова стали динамично развиваться лишь в начале августа (см. табл. 2, 3).

Биологическая эффективность при применении препарата Фланобин, КС с нормой расхода 0,75 л/га составила против фитофтороза и альтернариоза 77,5 и 89,1 %, 86–85,4 % соответственно. Фунгицид Фланобин, КС по эффективности против фитофтороза незначительно уступил Акробату МЦ (эталон) (3,7 %), эффективность против альтернариоза оказалась выше эталонного варианта на 3,5 % (табл. 4).

Также стоит отметить максимальный выход товарного картофеля в варианте с применением фунгицида Фланобин, КС, который составил 95,8 % и превысил эталон на 2,4 %.

По урожайности за 2013 и 2014 гг. статистически достоверная прибавка получена во всех опытных вариантах и составила при использовании Фланобина, КС в норме расхода 0,75 л/га – 18,0 и 16,2 т/га соответственно. Максимальная урожайность в опыте (51,3 т/га) получена при применении Фланобина, КС,

Таблица 2 – Динамика развития фитофтороза и альтернариоза картофеля на опытных вариантах, сорт Вектар, 2013 г.

Вариант	Норма расхода препарата, л/га	Количество обработок	Развитие фитофтороза по датам учетов, %					Развитие альтернариоза по датам учетов, %				
			Развитие фитофтороза по датам учетов, %					Развитие альтернариоза по датам учетов, %				
			05.07	19.07	05.08	17.08	20.08	05.07	19.07	05.08	17.08	20.08
Без обработки	–	0	0,4	1,5	3,3	5,2	8,0	0	0	5	8,2	23,0
Акробат МЦ (эталон)	2,0	3	0	0,7	2,4	12,5	15	0	0	0	1,4	3,3
Фланобин, КС	0,75	3	0	1,3	3,0	4,0	18	0	0	0	1,6	2,5

Таблица 3 – Динамика развития фитофтороза и альтернариоза картофеля на опытных вариантах, сорт Вектар, 2014 г.

Вариант	Норма расхода препарата, л/га	Количество обработок	Развитие фитофтороза по датам учетов, %					Развитие альтернариоза по датам учетов, %				
			Развитие фитофтороза по датам учетов, %					Развитие альтернариоза по датам учетов, %				
			28.06	10.07	24.07	08.08	22.08	28.06	10.07	24.07	08.08	22.08
Без обработки	–	0	18	55	61	70	1	10	22	31	55	
Акробат МЦ (эталон)	2,0	3	0	0	1,5	9	12	0	4	7	10	
Фланобин, КС	0,75	3	0	0	3	8	10	0	2	6	8	

Таблица 4 – Биологическая эффективность фунгицидов против фитофтороза и альтернариоза картофеля, сорт Вектар, 2013-2014 гг.

Вариант	Норма расхода (л/га) и кратность	Фитофтороз, %		Альтернариоз, %	
		20.08.2013 г.	22.08.2014 г.	20.08.2013 г.	22.08.2014 г.
Без обработки	–	–	–	–	–
Акробат МЦ (эталон)	2,0 × 3	81,2	83,0	85,6	82,0
Фланобин, КС	0,75 × 3	77,5	86,0	89,1	85,4

Таблица 5 – Хозяйственная эффективность фунгицида Фланобин, КС в защите картофеля от болезней в 2013–2014 гг., сорт Вектар

Вариант	Урожайность,				Товарность, %		Хозяйственная эффективность, %	
	т/га		прибавка, т/га		2013 г.	2014 г.	2013 г.	2014 г.
	2013 г.	2014 г.	2013 г.	2014 г.				
Без обработки	33,3	29,4	–	–	85,0	83,0	–	–
Акробат МЦ (эталон)	39,9	38,1	6,6	8,7	94,1	93,4	10,8	29,5
Фланобин, КС	51,3	45,6	18,0	16,2	96,0	95,8	54,0	55,2
НСР <sub>05</sub>	5,7	2,12						

что на 11,4 т/га выше по сравнению с применением эталона Акробат МЦ, ВДГ в норме расхода 2 кг/га (табл. 5).

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, биологическая эффективность контактно-системного фунгицида Фланобин, КС (флуазинам, 250 г/л + азоксистробин 200 г/л) при трехкратном применении с нормой расхода 0,75 л/га против фитофтороза оказалась выше эталонного варианта на 3 %, а против альтернариоза – на 3,4 %.

Вышеприведенные результаты исследований позволяют рекомендовать препарат Фланобин, КС (флуазинам, 250 г/л + азоксистробин 200 г/л) в дозе 0,75 л/га в качестве системного фунгицида для обработки растений картофеля по вегетации против фитофтороза и альтернариоза.

### 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 инсектицидов, акарицидов, моллюскоцидов, родентицидов и феромонов в сельском хозяйстве / РУП «Ин-т защиты растений»; сост. Л.И. Трепашко [и др.]. – Прилуки, 2009. – 318 с.
3. Методические указания по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве / РУП «Ин-т защиты растений»; под ред. С.Ф. Буга. – Прилуки, 2007. – 508 с.

Поступила в редакцию 09.11.2015 г.

I.I. BUSKO, I.V. LEVANTSEVICH, G.P. ROMANYK

### FLANOBIN, KS IS A NEW FUNGICIDE FOR POTATO PROTECTION FROM LATE BLIGHT AND EARLY BLIGHT

#### SUMMARY

*The research results of the biological and economic efficiency contact-systemic fungicide Flanobin spray the crops during the growing season against late blight and early blight of potato.*

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

УДК 635.21:632.768.12:632.951

**И.В. Леванцевич, И.И. Бусько, О.Н. Михаленя, Л.А. Манцевич**

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

E-mail: ilevancevich@mail.ru

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ НОВОГО ИНСЕКТИЦИДА ИНТА-ВИР  
ДВОЙНОЙ ЭФФЕКТ, ТАБ В ЗАЩИТЕ КАРТОФЕЛЯ  
ОТ КОЛОРАДСКОГО ЖУКА****РЕЗЮМЕ**

*Представлены результаты изучения биологической и хозяйственной эффективности инсектицида Инта-Вир Двойной эффект, ТАБ для опрыскивания посадок картофеля во время вегетации против колорадского жука.*

*Ключевые слова:* картофель, инсектицид, эффективность, колорадский жук.

**ВВЕДЕНИЕ**

Получению высоких урожаев картофеля в значительной мере препятствуют вредители. Наиболее опасным фитофагом является колорадский жук. Потери урожая в зависимости от численности насекомого колеблются от 8 до 80 %. Основной вред растениям причиняют личинки 3–4-го возрастов первой генерации [3, 4].

В настоящее время, несмотря на регулярно проводимые защитные мероприятия, сформировалась высокая плотность природных популяций, наблюдается усиление вредоносности колорадского жука в агроценозах картофеля, чему способствует ряд обстоятельств. С одной стороны, это обусловлено экологической пластичностью вида, генетической полиморфностью, способностью вредителя к ускоренной адаптации в разнообразных условиях, а также наличием нескольких типов физиологического покоя (зимняя диапауза и спячка; летний сон; летняя, повторная и многолетняя диапауза). С другой – изменение агроклиматических зон обеспечило создание благоприятных условий для развития колорадского жука [1, 2].

Сдерживающим фактором в распространении, снижении численности и вредоносности фитофага является совершенствование агротехники, применение индустриальных технологий, введение в культуру новых районированных сортов и средств защиты растений [2].

Химический метод борьбы с вредителем в последнее время является наиболее действенным и широко применяемым при производстве товарного картофеля. Однако при длительном использовании одних и тех же препаратов у колорадского жука вырабатывается резистентность, что влечет за собой необходимость ротации или замены применяемых химических средств защиты [1].

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Исследования проводили на опытном поле РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству». Закладка полевого опыта осуществлялась на среднепозднем сорте Вектар. Предшественник – редька масличная на сидеральное удобрение. Почва дерново-подзолистая среднесуглинистая. Содержание гумуса в пахотном слое 2,8 %, содержание  $P_2O_5$  – 28,1 мг/100 г почвы, содержание  $K_2O$  – 22,3 мг/100 г почвы, реакция почвенной среды (рН) – 5,4.

Вид опыта: мелкоделяночный, повторность опыта четырехкратная, площадь учетная 25,2 м<sup>2</sup>, агротехника и уход за посевами общепринятые.

### **Схема опыта:**

1. Без обработки (контроль).
2. Борей, СК 0,06–0,1 л/га (эталон).
3. Инта-Вир Двойной эффект, ТАБ – 1 таб/10л воды.

Учет численности вредителя до и после обработки проводили методом визуального подсчета особей на модельных кустах (по 10 шт. на каждой делянке) [5].

Биологическую эффективность применения инсектицида рассчитывали по формуле:

$$\mathcal{E}_6 = \frac{ОД - ОП}{ОД} \times 100,$$

где  $\mathcal{E}_6$  – биологическая эффективность, %;

ОД – число живых особей вредителя до обработки в опыте, экз., шт.;

ОП – число живых особей вредителя после обработки по срокам учетов в опыте, экз., шт.

Хозяйственную эффективность (прибавку урожая картофеля) защитных мероприятий определяли по формуле

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

где X – хозяйственная эффективность, %;

A – урожай картофеля в опыте, т/га;

B – урожай картофеля в контроле, т/га [3].

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Вегетационный период 2014 г. отмечался неравномерным уровнем выпадения осадков и повышенной температурой воздуха. Теплая погода в апреле способствовала проведению посадки картофеля в оптимальные сроки. Весна была более ранней, средняя температура третьей декады апреля составила 12,7 °С, а первой декады мая – 10,3 °С, что позволило провести посадку картофеля в хорошо прогретую почву. Вторая и третья декады мая характеризовались

повышенным температурным режимом, превысив норму на 3,2 и 3,9 °С соответственно. Температура июня в первой декаде была также повышенной, но затем заметно снизилась (на 2,2 °С от нормы). Вследствие этого заселение колорадским жуком и массовая яйцекладка вредителя на опытном поле началась несколько позже обычного: в фенофазе образование боковых побегов – начало смыкания ботвы в рядах. В Брестской, Гомельской, Гродненской и южных районах Минской областей в этот период уже отмечалось отрождение личинок младшего возраста. Массовое отрождение личинок на опытном поле началось в конце первой – начале второй декады июля.

Средняя численность вредителя на контрольном варианте составила 22, а на опытном варианте 24 ос/куст (табл. 1). Преобладали личинки 3-го возраста.

Через одни сутки после обработки выявлена одна живая личинка 2-го возраста на трех модельных кустах. Биологическая эффективность препарата Инта-Вир Двойной эффект, ТАБ составила 98,9 %, превысив эталонный вариант на 2,1 %.

Применение инсектицида Инта-Вир Двойной эффект, ТАБ обеспечило прибавку урожая по сравнению с контролем по повторностям на 14,0–23,5 т/га. По результатам испытаний препарата хозяйственная эффективность составила 63 %, что выше эталонного варианта на 23 % (табл. 2).

Таблица 1 – Биологическая эффективность применения препарата Инта-Вир Двойной эффект, ТАБ против колорадского жука, сорт Вектар, 2014 г.

Вариант	Количество живых особей до обработки, шт.					Количество живых особей через 1 сутки после обработки					Биологическая эффективность, %
	I	II	III	IV	среднее	I	II	III	IV	среднее	
Без обработки	24	22	24	21	22	24	22	24	21	22	–
Борей, СК (эталон)	22	24	21	18	21	0	0	3	0	0,7	96,8
Инта-Вир Двойной эффект, ТАБ	24	21	28	24	24	0	1	0	0	0,25	98,9

Таблица 2 – Хозяйственная эффективность препарата Инта-Вир Двойной эффект, ТАБ (37,5 г/кг циперметрина + 18,7 г/кг имидоклоприда) против колорадского жука, сорт Вектар, 2014 г.

Вариант	Урожайность, т/га					Прибавка урожая, т/га	Хозяйственная эффективность, %
	I	II	III	IV	среднее		
Вариант без обработки	30,0	26,0	31,0	29,0	29,0	–	–
Борей, СК (эталон)	40,1	36,2	42,2	40,0	40,0	11,0	40,0
Инта-Вир Двойной эффект, ТАБ	48,0	49,5	45,0	46,4	47,2	18,2	63,0
НСР <sub>05</sub>					4,1		

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Опрыскивание растений картофеля во время вегетации инсектицидом Инта-Вир Двойной эффект, ТАБ позволяет снизить численность личинок колорадского жука на 98,9 % и обеспечивает сохранение дополнительного урожая в среднем 18,2 т/га.

Вышеприведенные результаты исследований позволяют рекомендовать препарат Инта-Вир Двойной эффект, ТАБ для защиты посадок картофеля от колорадского жука.

**Список литературы**

1. Адрианов, А.Д. Биологизированная система защиты раннего картофеля от колорадского жука в Республике Башкортостан / А.Д. Адрианов, Д.А. Адрианов // Картофелеводство: сб. науч. тр. / РУП «Науч.-практ. центр НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству»; редкол.: В.Г. Иванюк (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2008. – Т. 14. – С. 334–349.
2. Бречко, Е.В. Биологические особенности колорадского жука / Е.В. Бречко // Защита растений: сб. науч. тр. / Науч.-практ. центр НАН Беларуси по земледелию; редкол.: Л.И. Трепашко (гл. ред.) [и др.]. – Несвиж, 2010. – Вып. 34. – С. 149–159.
3. Иванюк, В.Г. Защита картофеля от болезней, вредителей и сорняков / В.Г. Иванюк, С.А. Банадысев, Г.К. Журомский. – Минск: Белпринт, 2005. – С. 696.
4. Казакевич, П.П. Методы борьбы с колорадским жуком при возделывании экологически чистого картофеля / П.П. Казакевич, П.В. Заяц, Э.В. Заяц // Картофелеводство: сб. науч. тр. / РУП «Науч.-практ. центр НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству»; редкол.: В.Г. Иванюк (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2007. – Т. 12. – С. 345–352.
5. Методические указания по регистрационным испытаниям инсектицидов, акарицидов, моллюскоцидов, родентицидов и ферромонов в сельском хозяйстве / РУП «Ин-т защиты растений»; сост. Л.И. Трепашко [и др.]. – Прилуки, 2009. – С. 318.

Поступила в редакцию 23.11.2015 г.

I.V. LEVANTSEVICH, I.I. BUSKO, O.N. MIHALENYA,  
L.A. MANTSEVICH

**EFFICIENCY OF THE NEW INSECTICID INTA -VIR DOUBLE  
PROTECTION EFFECT FROM COLORADO POTATO BEETLE**

**SUMMARY**

*The research results of the biological and economic efficiency of insecticide Inta-Vir Double effect spray of potato during the growing season against the Colorado Potato Beetle.*

*Key words:* potato, insecticide, efficiency, Colorado Potato Beetle.

УДК 635.21.632.3.07

**Е.В. Радкович, Г.Н. Гуца**

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

E-mail: l-radkovich@tut.by

**ОТБОР БЕЛОРУССКИХ ИЗОЛЯТОВ Х- И Y- ВИРУСА КАРТОФЕЛЯ****РЕЗЮМЕ**

*В статье приведены результаты исследований по отбору белорусских изолятов ХВК и YВК, предназначенных для проведения искусственного заражения растений-накопителей при получении препаративного количества вирусов картофеля.*

*Показано, что для получения максимального количества вирусного препарата важно подобрать такой изолят, при заражении которым растение-накопитель будет эффективно накапливать вирус.*

*Ключевые слова:* картофель, вирус, иммуноферментный анализ, изолят, индексация, полимеразная цепная реакция.

**ВВЕДЕНИЕ**

Высокая вредоносность вирусных болезней картофеля обусловлена тем, что под воздействием инфекции ухудшается рост и развитие растений, снижаются урожайность и качество клубней [1].

В связи с этим возникает необходимость применения высокоспецифичных и чувствительных лабораторных методов ИФА и ПЦР, позволяющих оценить вирусологическую ситуацию на посевах картофеля. Главной целью использования лабораторных методов в оригинальном семеноводстве является получение качественного здорового семенного материала, соответствующего требованиям существующих технических нормативных правовых актов [2]. Следует отметить, что из всех лабораторных методов диагностики метод иммуноферментного анализа является наиболее технологичным и адаптированным для проведения массового тестирования на скрытую зараженность картофеля вирусными болезнями. Современные диагностические системы для ИФА скрытой вирусной инфекции картофеля должны характеризоваться высокой чувствительностью и специфичностью, а также максимальной автоматизацией и, как следствие, стандартизацией большинства этапов анализа. Не менее важно добиваться уменьшения вероятности субъективной оценки результатов и снижения роли человеческого фактора. При производстве тест-систем необходимо использовать изоляты, циркулирующие в определенной местности, что позволит повысить чувствительность производимых диагностикумов.

Для получения диагностических тест-систем по выявлению скрытой вирусной инфекции необходимо иметь чистый вирусный препарат в достаточном количестве. Для накопления вируса используются растения, способные накапливать вирус без потери антигенных свойств. Так, например, растения табака сортов Самсун и Барлей способны накапливать УВК в высоких концентрациях, растения дурмана хорошо накапливают ХВК и ВСЛК [3]. Однако концентрация вируса зависит не только от используемых растений-накопителей, но и от штаммовой принадлежности самого вируса [4].

В связи с этим целью наших исследований явилось выделение белорусских изолятов X- и Y-вируса картофеля с применением метода индексации в комплексе с ИФА-диагностикой и ПЦР-анализом для последующего введения в культуру *in vitro* отобранных изолятов с последующим созданием банка белорусских изолятов.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Исследования проводили в РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству» в 2014 г. В качестве опытного материала использовали клубни картофеля сортов белорусской и зарубежной селекции, подобранные по устойчивости к X- и Y-вирусу картофеля. Для выполнения исследований проводили индексацию отобранных клубней. Проведение индексации клубней заключалась в отмытии, просушивании, маркировке и проращивании на свету при температуре 18–21 °С. Когда ростки достигали 5–7 мм, их вырезали с сектором около ростковой ткани клубня диаметром около 2 см и оставляли на 24–48 ч для опробкования, после чего индексы высаживали в агроперлитовый субстрат. Выращивание индексов осуществляли при температуре 18–20 °С и освещенности 3000–4000 люкс при 16-часовом световом фотопериоде. Когда растения достигли высоты 15–18 см, проводили анализ листового материала индексов на наличие вирусной инфекции методом ИФА. Иммуноферментный анализ выполняли наборами биохимических реагентов разных производителей: наборы Центра (Беларусь) и Agdia (США). Оценку результатов осуществляли при помощи фотометра «BIO-RAD 680» при длине волны 405 и 490 нм.

По результатам иммуноферментного анализа отобранные образцы, несущие белорусские изоляты X-, Y-вирусной инфекции, протестировали методом ПЦР-анализа на наличие X, Y, S, M, L, A вирусов и вириода веретеновидности клубней картофеля для подтверждения наличия моноинфекции в отобранном материале. Тестирование проводили ПЦР-методом в формате FLASH, используя диагностические наборы ООО «АгроДиагностика» (Россия) [5]. Детекцию результатов осуществляли на иммунофлуорисцентном ПЦР-детекторе «Джин» (ДНК-технология, Россия), работающем при длинах волн возбуждения/излучения 460/515 и 532/570, выдающем результаты в виде относительных единиц к среднему значению фона.

Отобранные по результатам анализа образцы были использованы для инфицирования растений-накопителей и дальнейшего получения очищенного вирусного препарата.

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Целью наших исследований являлся отбор белорусских изолятов Х- и Y-вируса картофеля.

Опытный материал (клубни картофеля) был условно распределен на 5 групп:

- 1 – образцы с высокой устойчивостью к Х- и Y-вирусу;
- 2 – образцы с высокой устойчивостью к Х-вирусу и средней устойчивостью к Y-вирусу;
- 3 – образцы со средней устойчивостью к Х-вирусу и высокой устойчивостью к Y-вирусу;
- 4 – образцы с высокой устойчивостью к Х-вирусу и низкой устойчивостью к Y-вирусу;
- 5 – образцы относительно устойчивые к Х- и Y-вирусу.

Следующим этапом работы являлось проведение индексации подготовленного экспериментального материала картофеля. Полученные растения-индексы протестировали методом ИФА на наличие моноинфекции ХВК-наборами с пероксидазной меткой собственного производства и YВК-наборами США с фосфатазным маркером. В результате проведенного тестирования было отобрано 7 образцов, несущих моноинфекцию Х- и Y-вируса картофеля. Данные представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты отбора образцов, зараженных белорусскими изолятами Х- и Y-вируса картофеля

Группа образцов	Протестировано образцов, шт.	Номер отобранного образца, шт.	
		ХВК	YВК
Образцы с высокой устойчивостью к Х- и Y-вирусу	277	Я-85	К-70 Д-96 М-100
Образцы с высокой устойчивостью к Х-вирусу и средней устойчивостью к Y-вирусу	66	П-73 П-97	–
Образцы со средней устойчивостью к Х-вирусу и высокой устойчивостью к Y-вирусу	99	–	–
Образцы с высокой устойчивостью к Х-вирусу и низкой устойчивостью к Y-вирусу	35	–	–
Образцы относительно устойчивые к Х- и Y-вирусу	62	–	А-63
Всего	539	3	4

Общее количество протестированных образцов составило 539 шт. В группе образцов с высокой устойчивостью к X- и Y-вирусу протестировано методом ИФА 277 образцов, из которых отобраны несущие моноинфекцию как ХВК, так и YВК. В данной группе были выделены 4 образца: Я-85 – несущий X-вирус картофеля, и К-70, Д-96, М-100 – несущие Y-вирус картофеля.

В следующей группе образцов с высокой устойчивостью к X-вирусу и средней устойчивостью к Y-вирусу было протестировано 66 шт., выявлено 2 образца П-73 и П-97, которые содержали моноинфекцию X-вируса картофеля.

При тестировании 99 образцов из группы со средней устойчивостью к X-вирусу и высокой устойчивостью к Y-вирусу образцы, несущие моноинфекцию ХВК и YВК, не выявлены. Такая же картина наблюдалась при тестировании 35 образцов группы с высокой устойчивостью к X-вирусу и низкой устойчивостью к Y-вирусу.

Пятая группа образцов с относительной устойчивостью к X- и Y-вирусу картофеля была представлена 62 образцами. Моноинфекция ХВК не выявлена ни в одном образце, YВК обнаружен в А-63.

Все отобранные образцы были протестированы методом ИФА на наличие специфичной реакции. В результате проведенного анализа выявлено, что все отобранные образцы специфичны, то есть не содержат примеси других вирусов (табл. 2).

Значения оптической плотности отобранных образцов П-73, П-97 и Я-85, несущих ХВК, составляли 1,707, 1,708 и 0,842 ед. соответственно.

По результатам ИФА значения оптической плотности у образцов, несущих YВК, составляли от 0,538 до 1,511 ед., при этом значения положительного и отрицательного контроля были 1,250 и 0,130 ед.

Таблица 2 – Значения оптической плотности при определении специфичности отобранных образцов методом ИФА

Отобранный образец	Антиген					
	ХВК (A <sub>490</sub> )	YВК (A <sub>405</sub> )	SBK (A <sub>405</sub> )	MBK (A <sub>405</sub> )	BSLK (A <sub>405</sub> )	ABK (A <sub>405</sub> )
П-73 (ХВК)	<b>1,707</b>	0,113	0,129	0,129	0,102	0,098
П-97(ХВК)	<b>1,708</b>	0,125	0,133	0,128	0,111	0,107
Я-85(ХВК)	<b>0,842</b>	0,132	0,139	0,132	0,107	0,111
К-70(YВК)	0,046	<b>1,448</b>	0,133	0,132	0,098	0,098
Д-96(YВК)	0,065	<b>1,511</b>	0,121	0,138	0,093	0,100
А-63(YВК)	0,045	<b>0,538</b>	0,133	0,136	0,096	0,090
М-100(YВК)	0,044	<b>0,561</b>	0,136	0,117	0,094	0,090
Среднее значение оптической плотности: отрицательного контроля	0,067	0,130	0,135	0,127	0,103	0,101
положительного контроля	1,944	1,250	1,368	1,532	0,828	0,960

Следует отметить, что все образцы несли моноинфекцию ХВК или УВК. Значения оптической плотности на наличие других антигенов находились в пределах 0,044–0,139 ед., что близко по значению к средним значениям оптической плотности отрицательного контроля.

В результате проведенных исследований отобраны изоляты к Х- и У-вирусу картофеля из группы образцов с высокой устойчивостью к Х- и У-вирусу (ХВК: Я-85 и УВК: К-70, Д- 96, М- 100). Два изолята к ХВК (П-73 и П-97) отобраны в группе образцов с высокой устойчивостью к Х-вирусу и средней устойчивостью к У-вирусу, изоляты к У- вирусу картофеля в данной группе не обнаружены. Еще один изолят к УВК (А- 63) выявлен в группе образцов, относительно устойчивых к Х- и У-вирусу.

Отобранные образцы были высажены в помещении защищенного грунта для дальнейших исследований и последующего введения выявленных белорусских изолятов в культуру *in vitro*.

Во время вегетации картофельных растений, выращенных из отобранных образцов, был проведен ПЦР-анализ на наличие вирусной моноинфекции, а также на присутствие в исследуемых образцах вириода веретеновидности клубней картофеля (табл. 3). По результатам проведенного анализа были выбракованы два образца:

1) А-63 (УВК), так как в нем была обнаружена примесь ХВК, при этом УВК, который был выявлен методом ИФА, не обнаружен методом ПЦР;

2) М-100 (УВК), в этом образце методом ПЦР наличие У-вируса картофеля не подтверждено.

В итоге по результатам ПЦР-анализа было отобрано 5 изолятов: П-73 (ХВК), П-97 (ХВК), Я-85 (ХВК), К-70 (УВК) и Д-96 (УВК). Все отобранные изоляты, несущие Х- и У-вирус картофеля, были использованы в качестве инфекторов при инокуляции растений-накопителей, из которых в дальнейшем был выделен и очищен вирусный препарат.

Для мониторинга накопления специфичного вируса в растениях-накопителях был выполнен иммуноферментный анализ (табл. 4). Для тестирования использовали наборы с фосфатазной ферментативной меткой фирмы Agdia. Установлено, что все три образца растений дурмана обыкновенного, зараженные

Таблица 3 – Результаты тестирования отобранных изолятов методом ПЦР-анализа

Изолят	Патоген						
	ХВК	УВК	СВК	МВК	ВСЛК	АВК	ВВКК
П-73 (ХВК)	+	–	–	–	–	–	–
П-97 (ХВК)	+	–	–	–	–	–	–
Я-85 (ХВК)	+	–	–	–	–	–	–
К-70 (УВК)	–	+	–	–	–	–	–
Д-96 (УВК)	–	+	–	–	–	–	–
А-63 (УВК)	+	–	–	–	–	–	–
М-100 (УВК)	–	–	–	–	–	–	–

Таблица 4 – Значения оптической плотности при тестировании растений-накопителей методом иммуноферментного анализа при А405

Образец	Растение-накопитель	Антиген					
		ХВК	УВК	СВК	МВК	ВСЛК	АВК
П-73(ХВК)	Дурман обыкновенный	3,299	0,099	0,140	0,132	0,103	0,112
П-97(ХВК)	Дурман обыкновенный	3,311	0,104	0,120	0,124	0,095	0,090
Я-85(ХВК)	Дурман обыкновенный	2,590	0,08	0,104	0,108	0,095	0,105
Среднее значение оптической плотности отрицательного контроля		0,128	0,127	0,133	0,122	0,127	0,138
Среднее значение оптической плотности положительного коммерческого контроля		3,258	3,159	1,879	3,251	1,222	2,608
К-70(УВК)	Табак сорта Самсун	0,124	1,914	0,099	0,134	0,092	0,079
Д-96(УВК)	Табак сорта Самсун	0,166	2,165	0,093	0,153	0,111	0,122
Среднее значение оптической плотности отрицательного контроля		0,124	0,128	0,111	0,113	0,116	0,098
Среднее значение оптической плотности положительного коммерческого контроля		3,245	3,214	1,015	3,265	1,479	2,045

белорусскими изолятами ХВК, содержали моноинфекцию. При этом значения оптической плотности были высокими и составляли 2,590–3,311 ед.

Тестирование образцов растений-накопителей У-вируса картофеля (табак сорта Самсун) также показало наличие моноинфекции. Значения оптической плотности составляло 1,914 ед. (инфектор К-70) и 2,165 (инфектор Д-96).

Для определения эффективности накопления вирусной инфекции растениями-накопителем было выполнено выделение и очистка вирусного препарата с использованием одной и той же методики В.К. Новикова с модификациями лаборатории иммунодиагностики картофеля Центра [6].

В результате проведенной работы было получено разное количество вирусного препарата (табл. 5). При выделении и очистке вирусного препарата из листьев дурмана обыкновенного (*Datura stramonium L.*), инфицированного соком изолята Я-85, было получено наибольшее количество вируса – 68,7 мг/кг. Несколько ниже был выход вирусного препарата для растений-накопителей, где инфекторами служили изоляты П-97 и П-73, количество выделенного вируса составило 44,8 и 22,4 мг/кг соответственно.

Для накопления У-вируса картофеля мы использовали растения табака *Nicotiana tabacum L.* (сорт Самсун). В качестве инфекторов послужили два изолята: Д-96 и К-70. При выделении вирусного препарата из листьев растений табака, инфицированных изолятом Д-96, количество полученного вируса составило 5,9 мг из 1 кг зеленой массы. Использование изолята К-70

Таблица 5 – Результаты выделения вирусного препарата ХВК и УВК из свежего листового материала растений-накопителей

Об-разец	Растение-накопитель	Масса навески свежего листового материала, г	Концентрация вирусного препарата, мг/мл	Объем вирусного препарата, мл	Количество полученного вируса из 1000 г зеленой массы, мг
ХВК					
П-97	<i>Daturas tramonium L.</i>	200	1,6	5,6	44,8
П-73		446	1,75	5,72	22,4
Я-85		300	3,6	5,72	68,7
УВК					
Д-96	<i>Nicotiana tabacum L.</i> (сорт Самсун)	195	0,26	4,52	5,9
К-70		200	0,45	5,36	12,05

для искусственного инфицирования растений табака позволило получить 12,05 мг/кг чистого вирусного препарата.

Анализ полученных данных показал, что ХВК хорошо накапливается в растениях дурмана обыкновенного, но эффективнее всего в случае, когда в качестве инфектора служил изолят Я-85. Использование табака сорта Самсун в качестве накопителя вирусной инфекции эффективно, но следует учитывать, что количество вируса, полученного при очистке листьев табака, где в качестве инфектора использовали изолят К-70, гораздо продуктивнее, чем при использовании изолята Д-96.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для отбора белорусских изолятов Х- и У-вируса картофеля нами были проведены комплексные исследования клубневого материала картофеля. По результатам проведенных анализов на этапе иммуноферментного анализа было отобрано 7 образцов, несущих моноинфекцию Х- и У-вируса картофеля. Для подтверждения полученных результатов был проведен ПЦР-анализ по вегетирующим растениям. В итоге из семи образцов два не содержали искомым антиген и были выбракованы. Остальные образцы, несущие белорусские изоляты Х- и У-вируса картофеля, были введены в культуру *in vitro*.

Установлено, что отбор изолятов к Х- и У-вирусу картофеля следует проводить на образцах картофеля с высокой устойчивостью к Х- и У-вирусу.

Исследования по отбору белорусских изолятов Х- и У-вируса картофеля и поиск эффективных сочетаний «изолят-накопитель», позволяют получать вирус в высоких концентрациях для дальнейшей иммунизации животных при производстве наборов реагентов для проведения ИФА. За счет более высокой накопительной способности растений снизятся затраты на выращивание растений-накопителей, выделение и очистку вирусного препарата.

## Список литературы

1. Сорока, С.В. Вирусы и вирусные болезни сельскохозяйственных культур / С.В. Сорока, Ж.В. Блоцкая // Защита растений / Белорус. НИИ защиты растений. – Несвиж, 2009. – 127 с.
2. Положение о семеноводстве картофеля в Республике Беларусь / РУП «Науч.-практ. центр НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству»; сост. С.А. Турко, И.И. Колядко, В.И. Дударевич. – Самохваловичи, 2012. – 22 с.
3. Блоцкая, Ж.В. Вирусные болезни картофеля / Ж.В. Блоцкая. – Минск: Наука і тэхніка, 1993. – 222 с.
4. Радкович, Е.В. Накопление X-, Y-, M-, S-вирусов картофеля в различных растениях-хозяевах для получения антигенов и производства диагностических антисывороток / Е.В. Радкович // Защита растений: сб. науч. тр. / РУП «Ин-т защиты растений». – Несвиж, 2009. – № 33. – С. 31–34.
5. Инструкция по применению реагентов для проведения ПЦР амплификации ДНК фитопатагенов / АгроДиагностика. – М., 2009. – 3 с.
6. Метод получения препарата Y-вируса картофеля и приготовление диагностических антисывороток / В.К. Новиков [и др.] // С.-х. биология. – 1982. – № 5. – С. 706–711.

Поступила в редакцию 11.11.2015 г.

E.V. RADKOVICH, G.N. GUSCHA

## SELECTION OF BELARUSIAN X- AND Y-ISOLATES OF POTATO VIRUS

### SUMMARY

*The research results on the selection of the Belarusian isolates PVX and PVY viruses of potato are intended for the artificial infection of plants drives to obtain preparative amounts of potato viruses.*

*It is shown that it is important to maximize the number of viral preparation and to pick the isolates during infection which the plant will effectively accumulate the virus.*

*Key words:* potato, virus, enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA), isolate, indexing, polymerase chain reaction (PCR).

УДК 635.21:57.088.6: 632.38

**И.А. Родькина, Е.В. Радкович**

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

## **ВЫЯВЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНЫХ ИНФЕКТОРОВ И НАКОПИТЕЛЕЙ МВК ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ТЕСТ-СИСТЕМ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИФА**

### **РЕЗЮМЕ**

*В статье приведены результаты исследований по отбору белорусских изолятов М-вируса картофеля для получения очищенного вирусного препарата и дальнейшей иммунизации животных при производстве наборов для проведения ИФА. По результатам искусственного инфицирования с последующим динамическим учетом уровня накопления вируса, выходу конечного продукта (очищенного вирусного препарата) выявлены: эффективный инфектор МВК, выделенный на клоне белорусского сорта картофеля Нептун; эффективный накопитель МВК – растения томата сорта Невский.*

*Ключевые слова:* вирус, иммуноферментный анализ (ИФА), изолят вируса, тест-система для иммунодиагностики, растение-накопитель, растение-инфектор.

### **ВВЕДЕНИЕ**

На основе изучения опыта передовых картофелепроизводящих стран Западной Европы, с учетом сложившихся традиций в семеноводстве Беларуси, организация действенной системы производства высококачественного конкурентоспособного семенного картофеля предусматривает решение ряда методических и организационных вопросов. Одним из этапов получения высококачественного исходного материала для семеноводства картофеля является отбор здоровых растений [1]. Основой оздоровления картофеля является контроль на зараженность семенного материала вирусными и бактериальными болезнями [2]. Еще три десятилетия назад методы диагностики инфекций у растений были довольно трудоемкими. Для выявления и идентификации вирусов использовали растения-индикаторы, специальные среды для выявления бактерий и другие традиционные методы анализа, которые занимали дни, а в ряде случаев недели и месяцы. Основной перелом произошел с внедрением метода иммуноферментного анализа (ИФА), одним из наиболее распространенных вариантов которого является так называемый ELISA-тест (Enzyme-Linked ImmunoSorbent Assay). Метод позволил не только увеличить

чувствительность анализа, но и сократить время тестирования до нескольких часов. Этот метод и сегодня наиболее распространенный и широкоиспользуемый, позволяющий выявлять и идентифицировать вирусные и бактериальные патогены в семенном материале в соответствии с современными требованиями оценки качества семенного картофеля, действующими стандартами и установленными в них допустимыми нормами качества для различных классов семенного картофеля [3].

Применение диагностики методом иммуноферментного анализа с использованием диагностикумов собственного производства предусматривает выделение, очистку вирусных препаратов (антигенов), иммунизацию лабораторных животных (кроликов) с последующим получением специфических антител, мечение антител ферментами. Выделяют вирусы в период наибольшей их концентрации, согласно данным иммуноферментного анализа, по методике, основанной на поэтапной очистке с применением дифференциального центрифугирования и центрифугирования в градиенте плотности сахарозы. Полученные и очищенные вирусные препараты, которыми в дальнейшем проводится иммунизация лабораторных животных (кроликов), должны сохранять антигенные свойства и не нести в своем составе примеси других вирусов. Следует отметить, что степень очистки вирусных препаратов существенно влияет на качество получаемых антител. При этом в очищенных вирусных препаратах нежелательно присутствие белков растительного происхождения, которые могут давать неспецифичные реакции, искажающие результаты анализа.

В этой связи накопление и очистку вирусов необходимо проводить из растений, способных накапливать инфекцию в больших количествах. Для получения чистой М-вирусной культуры используют растения-накопители, в частности растения томата. Концентрация вирусной инфекции в соке растения зависит от штаммовой принадлежности самого вируса, сорта растения-накопителя [4]. Ранее проведенные нами исследования указывают на то, что использование местных изолятов вирусов при производстве реагентов для ИФА снижает количество ложно отрицательных результатов по сравнению с применением тест-систем иностранных производителей. В связи с этим целью наших исследований являлось выделение белорусских изолятов М-вируса картофеля, подбор сортов томата, накапливающих вирус в высоких концентрациях, для получения очищенного вирусного препарата и дальнейшей иммунизации животных при производстве наборов реагентов для проведения ИФА.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

**Подбор растений-инфекторов и растений-накопителей М-вируса картофеля.** В 2011–2013 гг. лаборатория иммунодиагностики картофеля РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству» провела тестирование методом ИФА более 100 сортов картофеля на наличие вирусной инфекции. Анализ полученных данных позволил

отобрать клоны 40 сортов картофеля белорусской селекции, несущих моноинфекцию различных вирусов. Среди них клоны четырех сортов – носители белорусских изолятов М-вируса картофеля.

При отборе клонов-носителей изолятов МВК руководствовались следующими критериями:

– наличие моноинфекции МВК – достоверно положительные значения ИФА и отсутствие других вирусов картофеля;

– высокий уровень накопления МВК в соке растений картофеля – значения ИФА выше 0,4 единиц оптической плотности (ед. опт. пл.).

Таким образом, в качестве растений-инфекторов МВК были отобраны клоны сортов Дина (0,551 ед. опт. пл.), Манифест (0,732 ед. опт. пл.), Дельфин (0,778 ед. опт. пл.), Нептун (0,529 ед. опт. пл.).

В дальнейшем сок растений-инфекторов был использован для искусственного инфицирования растений томата различных сортов в 2013 и 2014 гг.

По результатам поисковых исследований прошлых лет лаборатории были подобраны растения-накопители вирусной инфекции – сорта томата *Lycopersicon esculentum* Mill, обладающие хорошими накопительными свойствами по отношению к вирусу S картофеля: Сказка, Невский, Золотая кисть. Нами было выдвинуто предположение, что эти сорта томата будут обладать хорошей накопительной способностью по отношению к вирусу М.

**Определение уровня накопления МВК для растений-инфекторов и растений-накопителей.** Выращивание растений-инфекторов (клубни картофеля, содержащие моноинфекцию МВК) и растений-накопителей проводили в стеллажной теплице в изолированных боксах в сосудах емкостью 5 л, заполненных торфом. Растения томата (накопитель) перед инфицированием тестировали методом ИФА на наличие других вирусов. Для эксперимента отбирали растения томата, свободные от вирусной инфекции.

Искусственное заражение растений томата проводили методом механической инокуляции в фазу 2–3 настоящих листьев в условиях защищенного грунта. Инокулюм готовили из сока растений-инфекторов (растения картофеля с моноинфекцией МВК) разведением калий-фосфатным буфером (рН 7,0) в соотношении 1 : 2. Растения томата предварительно опудривали карборундом, а затем натирали губкой, смоченной в инокулюме. Механическую инокуляцию растений томата проводили дважды с интервалом 7 суток.

Соком одного инфектора (носитель изолята вируса М) инфицировали по три растения томата одного сорта. Таким образом, в 2013 г. моноинфекцией вируса М было инфицировано 48 растений томата четырех сортов, в 2014 г. – 36 растений томата трех сортов (табл. 1).

Для контроля накопления МВК в растениях-инфекторах методом иммуноферментного анализа с вегетирующих растений картофеля отбирали листовые пробы среднего яруса в фазу бутонизации-цветения.

Во время вегетации растений томата был проведен динамический учет накопления вирусной инфекции, то есть тестирование методом ИФА уровня

Таблица 1 – Объем экспериментального материала, 2013–2014 гг.

Накопитель МВК (сорт томата)	Год эксперимента	Изоляты МВК (клоны сортов картофеля)				Всего
		Дина	Мани- фест	Дельфин	Нептун	
Де Барао	2013	3	3	3	3	12
Сказка	2013	3	3	3	3	12
	2014	3	3	3	3	12
Невский	2013	3	3	3	3	12
	2014	3	3	3	3	12
Золотая кисть	2013	3	3	3	3	12
	2014	3	3	3	3	12
Итого		21	21	21	21	84

накопления вируса в соке растений томата на 14-е, 21-е, 28-е, 35-е и 42-е сутки с момента повторной инокуляции.

Сок из листовых проб при проведении ИФА раскапывали по трем лункам 96-луночной планшеты. В настоящей статье данные ИФА являются средним арифметическим значением оптической плотности для трех измерений (три лунки иммунологической планшеты на образец сока).

Для проведения ИФА были использованы наборы фирмы Bioreba с рабочим ферментом щелочная фосфатаза (Швейцария). ИФА проводили в строгом соответствии с протоколами производителей. Оптическую плотность продуктов ферментативной реакции измеряли на спектрофотометре фирмы Bio-Rad 680 (Франция) при длине волны для щелочной фосфатазы 405 нм.

Пороговые значения вычисляли согласно формуле

$$P = -K_{\text{ср.}} + \frac{-K_{\text{ср.}}}{100} \times 20\%,$$

где P – пороговое значение;

–K<sub>ср.</sub> – среднее значение отрицательного контроля.

Значения оптической плотности, превышающие пороговые, считаются достоверно положительными.

**Выделение вирусного препарата.** Выделение и очистку вирусного препарата проводили по методике В.К. Новикова с соавторами с собственными модификациями (РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству») [6].

Выделение вируса проводили в момент его наивысшей концентрации в растениях томата согласно данным ИФА. Листья инфицированных растений гомогенизировали с 50 мМ калий-фосфатным буфером при 40 °С, полученный раствор осаждали методом центрифугирования с последующей фильтрацией. Вирусный материал из осадка трехкратно экстрагировали глициновым буфером. Концентрированный вирус подвергали высокоскоростному центрифугированию, окончательную очистку вирусного препарата проводили на 25 % сахарозной подушке при скорости 25 000 оборотов/мин в течение

180 мин. Концентрацию очищенных вирусных препаратов (антигенов) определяли при помощи спектрофотометра.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

**Динамика накопления МВК в инфицированных белорусскими изолятами растениях томата.** Динамические учеты накопления вирусной инфекции для растений томата, инфицированных белорусскими изолятами МВК, были проведены в 2013–2014 гг. во время вегетации растений в условиях защищенного грунта. Отбор листового материала проводили на 14-е, 21-е, 28-е, 35-е и 42-е сутки от даты второй инокуляции вирусом. Учитывая объем материала, согласно схеме экспериментов (табл. 1), среднее значение уровня накопления МВК на дату учета является средним значением для 9-ти измерений оптической плотности при А 405 нм (рис. 1, 2).

Согласно литературным данным, максимальное накопление М-вируса картофеля в растениях-накопителях наблюдается на 28-е сутки после искусственного инфицирования [4].

В соответствии с данными, полученными в 2013 г., независимо от изолята МВК, максимальное накопление для большинства инфицированных растений томата отмечено на 28-е сутки (рис. 1). На эту дату достоверный уровень накопления вируса варьировал от 0,131 (Невский 1) до 0,556 ед. опт. пл. (Сказка 1, Невский 2). Очевидна неэффективность заражения растений томата сорта Де Барао изолятом «Дина» – на 28-е сутки средние значения оптической плотности были на уровне отрицательного контроля (рис. 1, Де Барао 1).

Результаты тестирования методом ИФА по накоплению МВК в инфицированных растениях томата в 2014 г. (рис. 2) характеризовались довольно высокими значениями оптической плотности на все даты учета. Однако максимальный уровень накопления вируса, согласно данным ИФА, для большей части накопителей наблюдали на 28-е сутки, причем варьирование средних значений оптической плотности имело довольно узкие пределы – от 3,164 – 3,300 ед. опт. пл.

Развитие вирусной инфекции имеет характер постепенного нарастания с максимальным уровнем титра вируса во время фазы бутонизация – цветение (одновершинная кривая), после прохождения данной фазы наблюдается резкое падение титра вируса [4, 5]. В наших экспериментах в условиях 2014 г. (рис. 2) наблюдали короткий инкубационный период и достижение высоких значений оптической плотности уже на 14-е сутки и растянутое плато почти до 35-ти суток после двукратной инокуляции МВК.

Динамика развития вирусной инфекции в 2014 г., по нашему мнению, в большей степени связана с погодными условиями, а так как эксперимент проводился в условиях закрытого грунта – в большей степени с температурой окружающей среды.

Метеорологические условия 2014 г. в целом были благоприятными для выращивания картофеля и томата, хотя и довольно контрастными. Начало июня было теплым (температура на +3,6 °С выше нормы), а вторая и третья декады

РАЗДЕЛ 4. ИММУНИТЕТ И ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ

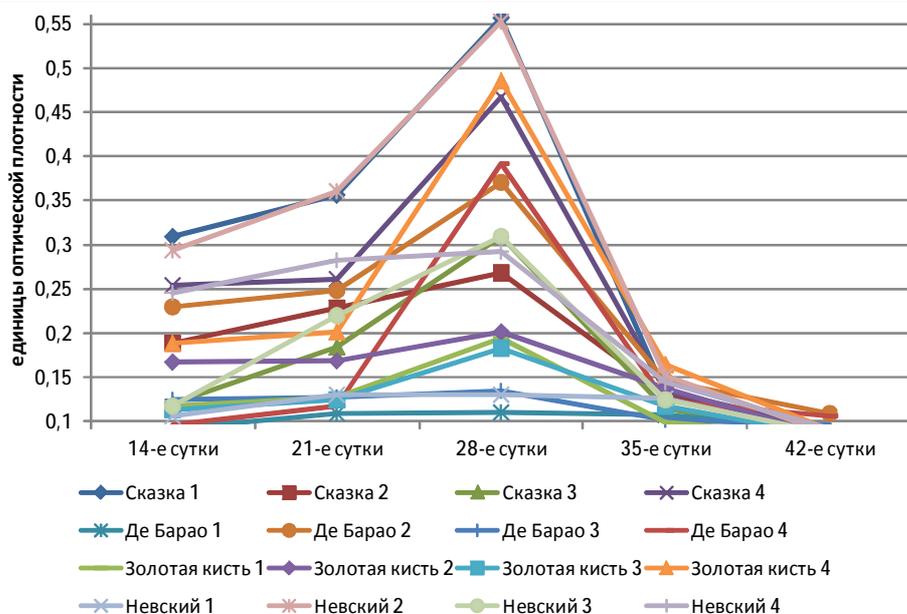


Рисунок 1 – Динамика накопления М-вируса картофеля в инфицированных белорусскими изолятами растениях томата (сорта: Сказка, Невский, Золотая кисть, Де Барао), 2013 г.

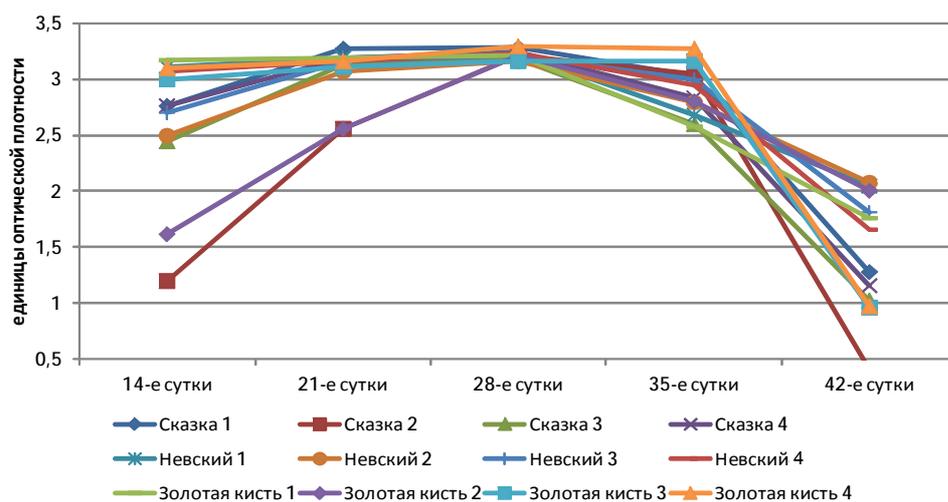


Рисунок 2 – Динамика накопления М-вируса картофеля в инфицированных белорусскими изолятами растениях томата (сорта: Сказка, Невский, Золотая кисть), 2014 г.

месяца оказались холодными (всего 14,9–15,0 °С – ниже на 2,0–2,2 °С среднемноголетних показателей). Июль и август были 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 среднемноголетних значений).

Одной из причин нехарактерной динамики накопления МВК в инфицированных растениях томата в экспериментах 2014 г. может быть использование набора для проведения ИФА иностранного производства (фирма Bioreba), то есть несовпадение штаммового состава белорусских изолятов и изолятов, использованных для производства тест-систем для ИФА.

Динамика накопления вируса М картофеля в инфицированных растениях томата в 2014 г., несомненно, требует постановки повторных экспериментов и изучения влияния факторов внешней среды на продолжительность инкубационного периода. Однако, суммируя данные динамических учетов 2013–2014 гг., однозначно можно сделать вывод о том, что максимальное накопление вируса М картофеля в инфицированных растениях томата достигалось на 28-е сутки после искусственного заражения белорусскими изолятами МВК.

**Отбор наиболее эффективных изолятов М-вируса картофеля.** Согласно схеме экспериментов, сок растений-инфекторов был использован для искусственного заражения вирусной инфекцией растений томата различных сортов.

Для интерпретации результатов ИФА были определены пороговые значения оптической плотности. Положительными результатами ИФА являются средние значения оптической плотности, превышающие значение среднего отрицательного контроля в эксперименте (–Кср.) на 20 %.

Таким образом, все значения оптической плотности таблицы 2, полученные для инфицированных изолятами МВК растений томата выше 0,118, являются достоверно положительными и свидетельствуют о развитии вирусной инфекции.

По нашему мнению, эффективный инфектор (носитель изолята вируса) должен обеспечивать достоверно высокий уровень накопления вирусной инфекции для большинства растений-накопителей.

Следует отметить, что в 2013 г. как для коммерческого положительного контроля (набор реагентов Bioreba), так и для инфицированных МВК растений томата были характерны относительно низкие титры вируса (см. табл. 2). Однако согласно результатам ИФА заражение белорусскими изолятами МВК было эффективно и приводило к накоплению вирусных частиц для большинства растений томата.

По уровню накопления МВК на 28-е сутки как наиболее эффективный можно выделить изолят «Нептун», затем по мере убывания среднего значения оптической плотности следуют изолят «Манифест» и изолят «Дельфин». Самым широким варьированием титра МВК в инфицированных растениях томата отличался изолят «Дина» – от 0,131 до 0,556 ед. опт. пл. (табл. 2, 28-е сутки).

Для изолята «Манифест» наблюдали раннее развитие вирусной инфекции (на 14-е сутки) для всех инфицированных сортов томата – Сказка, Де Барао, Золотая кисть, Невский (см. табл. 2). Развитие вирусной инфекции имело

Таблица 2 – Титр МВК в растениях томата различных сортов, инфицированных белорусскими изолятами вируса (данные ИФА, 2013 г.)

Инфектор	Накопитель, сорт томата	Сутки после заражения				
		14	21	28	35	42
		Значение оптической плотности, ед. при $A_{405}$				
Дина	Сказка	<b>0,309</b>	<b>0,356</b>	<b>0,556</b>	<b>0,132</b>	0,091
	Де Барао	0,092	0,109	0,111	0,108	0,090
	Золотая кисть	0,117	<b>0,128</b>	<b>0,195</b>	0,099	0,083
	Невский	0,107	<b>0,130</b>	<b>0,131</b>	<b>0,126</b>	0,085
Манифест	Сказка	<b>0,188</b>	<b>0,229</b>	<b>0,268</b>	<b>0,132</b>	0,091
	Де Барао	<b>0,230</b>	<b>0,248</b>	<b>0,371</b>	<b>0,146</b>	0,109
	Золотая кисть	<b>0,167</b>	<b>0,169</b>	<b>0,202</b>	<b>0,137</b>	0,083
	Невский	<b>0,294</b>	<b>0,360</b>	<b>0,553</b>	<b>0,152</b>	0,086
Дельфин	Сказка	<b>0,121</b>	<b>0,185</b>	<b>0,309</b>	0,115	0,083
	Де Барао	<b>0,125</b>	<b>0,128</b>	<b>0,134</b>	0,102	0,096
	Золотая кисть	0,114	<b>0,125</b>	<b>0,183</b>	0,117	0,084
	Невский	0,118	<b>0,220</b>	<b>0,310</b>	<b>0,125</b>	0,087
Нептун	Сказка	<b>0,254</b>	<b>0,261</b>	<b>0,467</b>	<b>0,135</b>	0,090
	Де Барао	0,097	0,117	<b>0,392</b>	<b>0,124</b>	0,106
	Золотая кисть	<b>0,188</b>	<b>0,201</b>	<b>0,486</b>	<b>0,164</b>	0,091
	Невский	<b>0,246</b>	<b>0,283</b>	<b>0,292</b>	<b>0,144</b>	0,092
<b>+K<sub>ср.</sub></b>		<b>0,235</b>				
<b>-K<sub>ср.</sub></b>		<b>0,098</b>				
<b>P</b>		<b>0,118</b>				

Примечание: +K<sub>ср.</sub> – среднее значение положительного контроля; -K<sub>ср.</sub> – среднее значение отрицательного контроля, P – порог достоверности положительных результатов, **0,309** – выделение достоверно положительных значений.

длительный характер: достоверно положительные значения ИФА от 14-ти до 35-ти суток. Титр вируса на 28-е сутки зависел от сорта томата и варьировал от 0,202 до 0,553 ед. опт. пл.

По уровню накопления МВК довольно эффективным было заражение растений томата изолятом «Нептун» – для большинства растений-накопителей отмечено раннее развитие вирусной инфекции (14-е сутки, исключение сорт томата Де Барао) и довольно высокие титры вируса на 28-е сутки: Сказка – 0,467, Де Барао – 0,392, Золотая кисть – 0,486 ед. опт. пл.

Как отмечено ранее, в 2013 г. при заражении растений томата сорта Сказка изолятом МВК «Дина» зарегистрировано самое высокое значение оптической плотности – 0,556. Однако, учитывая результаты ИФА для остальных накопителей, инфицирование этим изолятом трудно характеризовать как эффективное: для растений томата сорта Де Барао достоверного накопления МВК не выявлено, ранние сроки развития вирусной инфекции отмечены только для накопителя Сказка.

Следует отметить, что длительность инкубационного периода зависела от сорта томата: так, при инфицировании растений томата изолятом МВК

«Дельфин» для сортов Сказка и Де Барао достоверно положительные значения ИФА отмечены на 14-е сутки после заражения, а для сортов Золотая кисть и Невский наблюдали более длительный период инкубации – до 21-х суток. Для изолята «Дельфин» значения оптической плотности на 28-е сутки варьировали от 0,134 до 0,310.

Все клоны-носители моноинфекции МВК (изоляты «Дина», «Манифест», «Дельфин», «Нептун») обеспечивали достоверный уровень накопления вируса при искусственном заражении (см. табл. 2), поэтому в 2014 г. эксперимент был проведен повторно (табл. 3).

Согласно данным таблицы 3, развитие вирусной инфекции в условиях 2014 г. отличалось коротким инкубационным периодом, очень высокими титрами вируса М в инфицированных растениях томата (выше уровня положительного коммерческого контроля – +К<sub>ср.</sub>) на протяжении всего периода измерений. В отличие от результатов 2013 г., для всех инфицированных изолятами МВК растений томата на 42-е сутки после заражения отмечены достоверно высокие положительные значения средней оптической плотности.

Стремительное накопление МВК для всех вариантов заражения в условиях 2014 г. не способствовало дифференциации изолятов вируса по эффективности. Поэтому, опираясь на данные 2013 г., можно выделить изоляты МВК «Нептун» и «Манифест» как наиболее эффективные.

Таблица 3 – Титр МВК в растениях томата различных сортов, инфицированных белорусскими изолятами вируса (данные ИФА, 2014 г.)

Инфектор	Накопитель, сорт томата	Сутки после заражения				
		14	21	28	35	42
		Значение оптической плотности, ед. при A <sub>405</sub>				
Дина	Сказка	2,765	3,272	3,284	3,030	1,282
	Невский	3,114	3,193	3,237	2,680	2,050
	Золотая кисть	3,172	3,194	3,209	2,574	1,757
Манифест	Сказка	1,190	2,561	3,209	3,050	0,401
	Невский	2,491	3,070	3,164	2,794	2,080
	Золотая кисть	1,616	2,554	3,211	2,803	2,007
Дельфин	Сказка	2,447	3,134	3,180	2,602	1,016
	Невский	2,698	3,166	3,211	2,997	1,805
	Золотая кисть	3,001	3,110	3,166	3,164	0,961
Нептун	Сказка	2,759	3,193	3,242	2,837	1,149
	Невский	3,065	3,157	3,236	2,951	1,658
	Золотая кисть	3,099	3,163	3,300	3,273	0,965
<b>+К<sub>ср.</sub></b>		<b>3,010</b>				
<b>-К<sub>ср.</sub></b>		<b>0,120</b>				
<b>P</b>		<b>0,144</b>				

Примечание. +К<sub>ср.</sub> – среднее значение положительного контроля; -К<sub>ср.</sub> – среднее значение отрицательного контроля, P – порог достоверности положительных результатов.

**Определение накопительной способности сортов томата для отбора эффективных накопителей МВК.** Основные требования для максимального накопления вирусов картофеля заключаются в правильном выборе растений-накопителей и в создании оптимальных условий их выращивания [7, 8, 9]. Фитовирусы хорошо размножаются в чувствительных к ним растениях. Известно активное развитие Y-вируса картофеля на растениях табака *N. tabacum L.* (cv. Samsun), X-вируса на растениях табака *N. tabacum L.* (cv. Samsun) и дурмана *D. stramonium L.*, S- и M-вирусов на растениях томата *L. esculentum Mill.* [10]. Установлено, что инкубационный период и скорость накопления ХВК, YВК, МВК и СВК в растениях не одинаковы и зависят от изолята вируса и растения накопителя [11].

В наших экспериментах для определения эффективных накопителей (сорта томата) были установлены следующие критерии:

- короткий инкубационный период развития вирусной инфекции;
- достоверно высокое накопление вируса;
- поддержание высокого уровня накопления вируса в течение длительного периода;
- формирование мощного куста с развитым листовым аппаратом.

Два последних критерия были выделены нами для облегчения технического исполнения последующей процедуры выделения очищенного вирусного препарата.

При изучении накопительной способности растений различных сортов томата учитывали данные ИФА по динамике накопления вируса и уровню накопления вируса на 28-е сутки после заражения белорусскими изолятами. Для определения наиболее эффективного накопителя МВК нами учитывались результаты ИФА, полученные в 2013 г. (табл. 2, 4). Данные 2014 г., несмотря на высокие значения титра вируса, не пригодны для дифференциации сортов томата по накопительной способности МВК, так как вирусная инфекция имела короткий инкубационный период и нехарактерную динамику (широкое плато вместо одновершинной кривой).

Пороговое значение для определения достоверно положительных результатов ИФА в 2013 г. для МВК составило 0,118 ед. опт. пл.

Таблица 4 – Уровень накопления M-вируса картофеля в инфицированных растениях томата на 28 сутки после инфицирования белорусскими изолятами МВК (данные ИФА), 2013 г.

Сорта растений-накопителей (томат)	Изоляты МВК				Среднее значение опт. пл.
	Дина	Манифест	Дельфин	Нептун	
Сказка	0,556	0,268	0,309	0,467	0,400
Невский	0,131	0,553	0,183	0,292	0,290
Де Барао	0,111	0,371	0,134	0,392	0,252
Золотая кисть	0,195	0,202	0,310	0,486	0,298

Согласно данным таблицы 2, для трех сортов томата – накопителей МВК – длительность инкубационного периода зависела от используемого для заражения изолята вируса, исключение сорт томата Сказка, у которого для всех вариантов изолятов положительные значения ИФА отмечены на 14-е сутки. При инфицировании растений томата сорта Невский изолятами «Манифест», «Дельфин» и «Нептун» положительные значения ИФА были отмечены уже на 14-е сутки, а при инфицировании изолятом «Дина» – на 21-е сутки. При инфицировании растений томата сорта Золотая кисть изолятами «Манифест» и «Нептун» накопление МВК отмечено на 14-е сутки, а в вариантах с использованием изолятов «Дина» и «Дельфин» – на 21-е сутки.

Следует отметить ненадежность использования сорта томата Де Барао в качестве накопителя МВК. Так, в 2013 г. при инфицировании изолятами «Манифест» и «Нептун» значения оптической плотности были выше среднего значения положительного коммерческого контроля (0,235 ед. опт. пл.), а при инфицировании изолятом «Дина» достоверного накопления вируса не выявлено (табл. 4).

Таким образом, в качестве накопителей М-вируса картофеля выделены сорта томата Сказка, Невский, Золотая кисть, которые соответствуют следующим критериям: короткий инкубационный период, накопление вируса в достоверно высоких концентрациях. По результатам динамических учетов и уровню максимального титра вируса на 28-е сутки (данные ИФА, табл. 2, 4), в качестве наиболее эффективного накопителя МВК выделен сорт томата Сказка.

**Получение вирусного препарата МВК из инфицированных белорусскими изолятами растений томата.** Выделение вирусного препарата из инфицированных растений томатов проводили в 2013–2014 гг. (табл. 5, 6).

Учитывая данные, полученные ранее для СВК, нами была выдвинута гипотеза, что наибольшее количество вирусного препарата будет получено при инфицировании растений накопителя с высокой накопительной способностью соком наиболее эффективного инфектора, или в тех вариантах, где наблюдаются высокие значения оптической плотности согласно тесту ИФА [12].

В соответствии с представленными выше данными (табл. 2, 4), это следующие сочетания: изолят «Нептун» + накопитель сорт томата Сказка; изолят «Манифест» + накопитель сорт томата Сказка.

В 2013 г. выделение очищенного вирусного препарата проводили выборочно и наиболее эффективный накопитель сорт Сказка присутствовал только в варианте заражения изолятом «Дина» (см. табл. 5). В данном случае логично было бы ожидать наиболее высокий выход вирусного препарата от сочетаний с высокими значениями оптической плотности на 28-е сутки: изолят «Манифест» + накопитель Невский (0,553 ед. опт. пл.) и изолят «Дина» + накопитель Сказка (0,556 ед. опт. пл.), причем количество вирусного препарата в пересчете на 1 кг зеленой массы должно быть примерно одинаковым.

Наибольшее количество вирусного препарата МВК было получено для сочетания изолят «Дельфин» + накопитель Золотая кисть – 61,0 мг/1 кг зеленой

Таблица 5 – Результаты выделения препарата МВК из инфицированных растений томата различных сортов, 2013 г.

Накопитель (сорт томата)	Инфектор (изолят)	Значения оптической плотности на 28-е сутки	Масса навески, г	Концентрация вируса, мг/мл	Объем вирусного препарата, мл	Количество полученного вируса на 1000 г зеленой массы, мг
Невский	Дина	0,131	278	1,50	3,80	20,5
	Манифест	<b>0,553</b>	250	2,10	3,90	32,8
	Дельфин	0,310	350	0,94	3,96	10,6
	Нептун	0,292	540	0,50	4,06	3,75
Золотая кисть	Дина	0,195	300	1,71	4,48	25,5
	Дельфин	0,183	300	4,13	4,42	<b>61,0</b>
Сказка	Дина	<b>0,556</b>	320	0,86	5,02	13,6

Таблица 6 – Результаты выделения препарата МВК из инфицированных растений томата различных сортов, 2014 г.

Инфектор (сорт картофеля)	Накопитель (сорт томата)	Значения оптической плотности	Масса навески, г	Концентрация вируса, мг/мл	Объем вирусного препарата, мл	Количество полученного вируса из 1000 г зеленой массы, мг
Дина	Невский	3,237	320	0,80	5,18	12,80
	Золотая кисть	3,209	140	1,82	4,12	<b>53,50</b>
	Сказка	3,284	240	1,74	4,57	<b>32,88</b>
Манифест	Невский	3,164	270	0,90	5,18	17,40
	Золотая кисть	3,211	156	0,64	5,44	22,40
	Сказка	3,209	230	0,281	5,10	6,20
Дельфин	Невский	3,211	275	0,80	5,22	15,30
	Золотая кисть	3,166	200	0,60	5,60	16,80
	Сказка	3,180	300	0,96	5,24	16,90
Нептун	Невский	3,236	177	3,31	4,40	<b>82,43</b>
	Золотая кисть	3,300	286	0,55	5,64	10,80
	Сказка	3,242	200	1,09	4,82	26,50

массы (0,183 ед. опт. пл.). Для вариантов с высоким титром вируса на 28-е сутки выход вирусного препарата на 1 кг зеленой массы составил: сочетание изолят «Манифест» + накопитель Невский – 32,8 мг; сочетание изолят «Дина» + накопитель Сказка – 13,6 мг.

Таким образом, теоретически ожидаемой прямой зависимости выхода конечного продукта (вирусного препарата) от уровня титра вируса в растениях-накопителях не выявлено. Однако явно наблюдается зависимость количества вирусного препарата от сочетания «инфектор + накопитель».

В 2014 г. для выделения вирусного препарата МВК были использованы все опытные варианты схемы экспериментов (см. табл 6). Результаты, полученные в 2014 г., наиболее показательны для демонстрации зависимости количества вирусного препарата от определенного сочетания «инфектор + накопитель». Во всех вариантах был отмечен очень высокий титр вируса М (выше 3,0 ед. опт. пл.), однако количество выделенного вирусного препарата варьировало от 6,2 до 82,43 мг/1 кг зеленой массы. Для сочетания «наиболее эффективный инфектор + наиболее эффективный накопитель» получены следующие результаты по выходу конечного продукта в пересчете на 1 кг зеленой массы: изолят «Нептун» + накопитель сорт томата Сказка – 26,50 мг/1 кг; изолят «Манифест» + накопитель сорт томата Сказка – 6,20 мг/1 кг.

Данные 2014 г. позволяют оценить использованные в эксперименте инфекторы и накопители по выходу конечного продукта. Так, если суммировать расчетное количество вирусного препарата МВК на 1 кг зеленой массы, то по выходу конечного продукта наиболее эффективным инфектором МВК является изолят «Нептун» – 119,73 мг/1 кг зеленой массы (для сравнения: «Дина» – 99,18, «Дельфин» – 49, «Манифест» – 46 мг/1 кг зеленой массы), а наиболее эффективным накопителем – сорт томата Невский – 127,93 мг/1 кг зеленой массы (для сравнения: Золотая кисть – 103,50, Сказка – 82,48 мг/1 кг зеленой массы).

Полученные данные по выделению вирусного препарата имеют предварительный характер и требуют постановки дополнительных экспериментов, однако, зависимость выхода конечного продукта от сочетания «инфектор + накопитель» не вызывает сомнений.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Согласно данным динамических учетов 2013–2014 гг. (результаты ИФА), максимальное накопление М-вируса картофеля для инфицированных белорусскими изолятами растений томата различных сортов отмечено на 28-е сутки после двукратной инокуляции.

На 42-е сутки после искусственного заражения для подавляющего большинства растений томатов, инфицированных белорусскими изолятами МВК, наблюдали падение средних значений оптической плотности (данные ИФА).

В 2014 г. в условиях защищенного грунта развитие вирусной инфекции для инфицированных белорусскими изолятами МВК растений томата сортов

Невский, Сказка и Золотая кисть характеризовалось следующим: достоверно высокий титр вируса отмечен уже на 14-е сутки после заражения, а на 42-е сутки резкого падения титра вируса до значения отрицательного контроля не наблюдали.

Короткий инкубационный период, долговременный характер развития вирусной инфекции и очень высокие титры МВК для всех инфицированных вариантов в условиях 2014 г. не способствовали дифференциации изолятов вируса и растений-накопителей по эффективности. Поэтому, опираясь на данные 2013 г., изоляты М-вируса, полученные на клонах сортов картофеля Нептун и Манифест, выделены как эффективные инфекторы МВК.

По данным ИФА 2013 г., в качестве накопителей М-вируса картофеля выделены сорта томата Сказка, Невский, Золотая кисть, которые соответствуют следующим критериям: короткий инкубационный период, накопление вируса в достоверно высоких концентрациях. По результатам динамических учетов и уровню максимального титра вируса на 28-е сутки, в качестве наиболее эффективного накопителя МВК был выделен сорт томата Сказка.

Установлена зависимость количества выделенного вирусного препарата от сочетания «инфектор + накопитель», причем самый высокий уровень накопления вируса, согласно данным ИФА, не всегда означает самое высокое количество произведенного вирусного препарата.

Анализ данных по выходу конечного продукта (расчетное количество полученного вирусного препарата МВК на 1 кг зеленой массы) позволил выделить наиболее эффективный инфектор МВК – изолят «Нептун» (119,73 мг/1 кг зеленой массы) и наиболее эффективный накопитель – сорт томата Невский (127,93 мг/1 кг зеленой массы).

#### Список литературы

1. Сорока, С.В. Вирусы и вирусные болезни сельскохозяйственных культур / С.В. Сорока, Ж.В. Блоцкая // Защита растений / Белорус. НИИ защиты растений. – Несвиж, 2009 – 127 с.
2. Агур, М.О. Интенсивность размножения X-вируса картофеля в мериклонах различных сортов картофеля / М.О. Агур // С.-х. биология. – 2000. – № 1. – С. 92–97.
3. СТБ 1224–2000. Картофель семенной. – Минск: Госстандарт, 2000. – 14 с.
4. Блоцкая, Ж.В. Вирусные болезни картофеля / Ж.В. Блоцкая. – Минск: Наука і тэхніка, 1993. – 222 с.
5. Гнутова, Р.В. Иммунологические исследования в фитовирусологии / Р.В. Гнутова. – М.: Наука, 1985. – 180 с.
6. Метод получения препарата Y-вируса картофеля и приготовление диагностических антисывороток / В.К. Новиков [и др.] // С.-х. биология. – 1982. – № 5. – С. 706–711.
7. Гиббс, А. Основы вирусологии растений / А. Гиббс, Б. Харрисон. – М.: Мир, 1978. – 449 с.

8. Толкач, В.Ф. Характеристика Дальневосточного изолята вируса табачной мозаики, обнаруженного на перце / В.Ф. Толкач, Ю.Г. Волков, Р.В. Гнущова // Докл. РАСХН. – 1993. – № 1. – С. 30–34.

9. Alexander, L.J. Host-pathogen dynamics of tobacco mosaic virus on tomato / L.J. Alexander // Phytopathology. – 1963. – Vol. 61. – P. 611–617.

10. Радкович, Е.В. Оптимизация метода иммуноферментного анализа на основе полученных биологических компонентов для диагностики вирусов картофеля в Беларуси: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 06.01.11 / Е.В. Радкович. – Прилуки, 2010. – 18 с.

11. Блоцкая, Ж.В. Методические рекомендации по диагностике вирусных болезней картофеля в селекции и семеноводстве / Ж.В. Блоцкая, М.И. Жукова. – Минск, 1991. – 22 с.

12. Галуза, Д.И. Отбор белорусских изолятов S-вируса картофеля для получения препаративного количества очищенного вирусного препарата / Д.И. Галуза, И.А. Родкина, Е.В. Радкович // Картофелеводство: сб. науч. тр. / РУП «Науч.-практ. центр НАН Беларуси по картофелеводству и плодощеводству»; редкол.: С.А. Турко (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2014. – Т. 22. – С. 95–101.

Поступила в редакцию 09.11.2015 г.

I.A. RODKINA, E.V. RADKOVICH

## **EFFECTIVE INFECTORS IDENTIFICATION AND PVM STORES BY TEST-SYSTEMS PRODUCTION FOR ELISA**

### **SUMMARY**

*The research results of the selection of Belarusian isolates of PVM for receiving viral preparation are given in the article. This preparation will be conducted for immunization of animals at the production of diagnostic ELISA test-systems. As a result of the subsequent artificial infection with a dynamic accounting of the level of accumulation of the virus, the output of the final product (purified viral preparation) revealed: the most effective among the Belarusian PMV isolates – the isolate allocated on clone of potato of varieties Neptune; as the most effective store – a tomato of varieties Nevsky.*

*Key words:* virus, enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA), virus isolate, immunodiagnostic test-system, plant-storage, plant-infectior.

УДК 635.21:632.38(476.2)

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

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

E-mail: genetics@belbulba.by

**МОНИТОРИНГ *TOBACCO RATTLE VIRUS*, *POTATO MOP-TOP VIRUS* И *ALFALFA MOSAIC VIRUS* В ПОСАДКАХ КАРТОФЕЛЯ ВИТЕБСКОЙ ОБЛАСТИ****РЕЗЮМЕ**

*В статье приведены результаты мониторинга распространения раттл-вируса, вируса mop-top и вируса мозаики люцерны в посадках картофеля различных субъектов хозяйствования пяти районов Витебской области. Установлено, что наибольшее распространение из трех изучаемых вирусов имеет раттл-вирус (5,5–17,3 %), который обнаружен в каждом из исследуемых районов. Наибольшее количество положительных проб выявлено в Лепельском районе – 17,3 %. Пораженность посадок картофеля Витебской области вирусом mop-top и вирусом мозаики люцерны является менее значительной.*

*Методом клубневого анализа выявлены некрозы мякоти клубней на сортах: Ред Скарлет, Скарб Верхнедвинского района (1,7–2,5 %), Скарб, Рагнеда Полоцкого района (3,3–7,5 %).*

*Ключевые слова:* картофель, вирусные болезни, мониторинг, раттл-вирус, вирус mop-top, вирус мозаики люцерны, ИФА, ПЦР, растение-индикатор.

**ВВЕДЕНИЕ**

В современной фитовирусологии известно более 30 возбудителей заболеваний картофеля вирусной этиологии, которые вызывают различные формы поражения растений и клубней [1]. Из их числа изучено распространение лишь вирусов, имеющих повсеместно широкий ареал (ХВК, SBK, YBK, MBK, ABK, ВСЛК), поэтому в системе сертификации семенного материала картофеля ведется только их контроль. В то же время существует большая вероятность распространения других вирусов, ранее считавшихся редко встречаемыми из-за недостаточного и несвоевременного их мониторинга. Особое внимание этой проблеме следует уделять в связи с тем, что в последние годы в республике постоянно возрастает количество интродуцированных сортов иностранной селекции, и поэтому ситуация с распространением вирусных болезней может измениться. Недостаточный контроль над развитием отдельных вирусных болезней при сложившихся благоприятных условиях для их развития может привести к распространению редко встречающихся, но являющихся

особо вредоносными вирусами. К числу таковых относятся так называемые почвенные вирусы, которые могут инфицировать растения картофеля, распространяясь через почву посредством свободно живущих в ней паразитических нематод и грибов. Известно, что возбудитель пестростебельности картофеля – раттл-вирус (Tobacco rattle virus, TRV) и вирус черной кольцевой пятнистости (букетообразность картофеля, Tomato black ring virus, TBRV) передаются почвенными нематодами *Trichodorus*, *Paratrichodorus* и *Longidorus ssp.*, а вирус моп-топ (вирус метельчатости верхушки картофеля, BMVK, potato mop-top virus, PMTV) – посредством зооспор гриба *Spongospora subterranea* Walr. – возбудителя порошистой парши [1].

Определено, что раттл-вирус может снижать продуктивность картофеля до 55 % и более, при этом в значительной мере снижаются его товарные и пищевые качества из-за внутреннего некротического опробковения тканей клубня. Опасность такой инфекции заключается и в том, что при отсутствии растения-хозяина нематоды сохраняют вирофорность до 5 лет, а вирус способен заражать свыше 400 видов однолетних и многолетних сорных растений, являющихся их резерваторами. Вирус может передаваться семенами и механической инокуляцией сока. Чаще всего встречается на супесчаных и песчаных почвах, где обитают нематоды, проникая на глубину 80–100 см [2].

К настоящему времени ареал распространения PMTV, TRV и AMV (калико, вирус мозаики люцерны, alfalfa mosaic virus) на территории Беларуси не установлен, в то время как в ряде соседних стран эти патогены выявлялись. Сравнительно недавний мониторинг вирусных болезней, проведенный Ф.Ф. Замалиевой в Республике Татарстан, показал, что вирус моп-топ имеет значительный ареал распространения [3]. В Республике Беларусь раттл-вирус был выявлен Ж.В. Блоцкой (1997 г.) на сорте Белорусский 3 в Октябрьском районе Гомельской области [1]. Нами в 2006 г. во время маршрутных обследований посадок картофеля Полоцкого района Витебской области на клубнях картофеля сорта Невский были выявлены симптомы в виде дуг и кольцевых некрозов клубней, схожие с симптомами раттл-вируса [5]. Целевой направленный мониторинг и идентификацию этих патогенов современными чувствительными методами (ИФА, ПЦР) в республике не проводили. Поэтому целью наших исследований являлось проведение мониторинга распространения вирусных болезней: метельчатости верхушки картофеля, пестростебельности картофеля и калико в посадках картофеля Витебской области.

Своевременное проведение мониторинга по выявлению очагов инфекции, значительное время сохраняющейся в векторных переносчиках в почве, проведение мероприятий по локализации и ограничению распространения опасных возбудителей вирусных болезней (метельчатость верхушки картофеля и пестростебельность картофеля) является весьма важной и актуальной задачей в современной стратегии защиты картофеля от патогенных микроорганизмов.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Материалом для исследований послужил листовой и клубневой материал растений картофеля, собранный с полей различных субъектов хозяйствования (семеноводческих, товарных, а также личных подсобных хозяйств) пяти районов Витебской области.

Маршрутные обследования посадок картофеля Витебской области с визуальным учетом внешних симптомов вирусных болезней, отбором листовых и клубневых проб для последующего инструментального анализа проводили в июле месяце в фазу цветения – конец цветения растений картофеля. Сложившиеся погодно-климатические условия вегетационного периода 2012 г. благоприятствовали проявлению вирусных болезней на картофеле. Визуальный учет вирусных болезней проводили согласно описанным в литературе симптомам вирусных болезней [1, 6, 8].

По сведениям, приведенным в различных литературных источниках известно, что симптоматика проявления при поражении **раттл**-вирусом варьирует в широком диапазоне в зависимости от генотипа растения-хозяина, условий окружающей среды и штамма вируса. В зависимости от сорта может наблюдаться мозаика и деформация листьев (обыкновенная, желтая в виде светло-зеленых и светло-желтых пятен), мраморность листьев, волнистость их краев, курчавость. Часто наблюдается некроз жилок листьев, черешков и стеблей. В мякоти клубней обнаруживаются некрозы в виде колец, полуколец и дуг. Они располагаются концентрически, одна за другой. Особенностью является то, что болезнь проявляется не на всех стеблях куста и не на всех клубнях. Проявление симптомов на ботве не всегда сопровождается поражением клубней и наоборот. Очень часто вирус содержится в растениях и клубнях картофеля в латентном состоянии.

Симптомы заболевания при поражении вирусом **моп-топ** также различаются в зависимости от сортовых особенностей и условий окружающей среды. Болезнь проявляется в укорачивании междоузлий и верхней части стебля, измельчании и курчавости верхних листьев, желтой пятнистости (ложная аukuба-мозаика), междужилковом хлорозе. Хлоротичный рисунок имеет вид елочек. Некрозы на клубнях сходны с некрозами, вызываемыми раттл-вирусом. Пораженные клубни растрескиваются и приобретают уродливую форму.

Основные симптомы поражения картофеля вирусом **мозаики люцерны** – желтовато-белые пятна на полностью сформировавшихся листьях. Пожелтение начинается с верхушки листа и распространяется к основанию. Развитие болезни зависит от штамма вируса и сорта картофеля. В случае поражения некротическим штаммом на ботве и клубнях развиваются некрозы. Резерваторм инфекции являются многие сорные растения. Вирус распространяется механически и с помощью тлей.

В наших исследованиях экстракцию сока из листовых проб в микропробирки проводили при помощи ручного гомогенизатора. Сок замораживали в морозильной камере при температуре  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Для проведения биотеста по определению раттл-вируса и вируса метельчатости верхушки картофеля, в условиях стеллажной теплицы, в подготовленный грунт (смесь 2/3 торфа с 1/3 песка и добавлением минеральных удобрений) высевались семена и затем пикировали в отдельные горшочки рассаду растений-индикаторов.

В качестве растений-индикаторов раттл-вируса использовали растения *Nicotiana tabacum* L. (сорт Самсун), *Nicotiana sylvestris* L. и *Gomphrena globosa* L., для определения вируса мозаики люцерны – *Solanum nigrum* L., вируса моп-топ – *Nicotiana sylvestris* L.

Инокулюмом из листовых проб растений картофеля, собранных с различных картофельных посадок, имеющих внешние симптомы метельчатости верхушки картофеля и пестростебельности картофеля, инокулировали рассаду растений-индикаторов в фазе 4–6 настоящих листочков. Учет развития симптомов проводили каждые пять дней с момента заражения.

Определение скрытой вирусной инфекции и дифференциацию исследуемых вирусов осуществляли с помощью метода иммуноферментного анализа (ИФА) на основе реагентов фирмы «Bioreba» (Швейцария) для определения моп-топ вируса и вируса мозаики люцерны, а для выявления раттл-вируса применяли диагностические наборы фирмы «Loewe» (Германия). Детекцию моп-топ вируса также проводили методом полимеразно-цепной реакции (ПЦР) в формате Flash наборами фирмы «Агродиагностика» (Россия).

В период цветения проведены маршрутные обследования посадок картофеля (семеноводческих и товарных хозяйств, а также личных подсобных хозяйств) пяти районов Витебской области. В каждом районе обследовано по четыре поля, проведена визуальная оценка состояния посадок картофеля по внешним симптомам изучаемых вирусных болезней. С каждого исследуемого поля отобрано по 50 проб для тестирования скрытой вирусной инфекции: вирус картофеля моп-топ, раттл-вирус и вирус мозаики люцерны с помощью методов ИФА и ПЦР анализа. В течение 1–2 суток с момента взятия проб была проведена экстракция из них сока в микропробирки объемом 1,5 мл и закладка на хранение в морозильную камеру бытового холодильника при –18 °С. В отдельных случаях были отобраны клубневые пробы для оценки проявления внешних симптомов на клубнях во время хранения и вторичной инфекции на следующий год. Для проведения ПЦР-анализа использовали листовую материал от растений с наиболее типичными визуальными симптомами вирусных болезней – метельчатость верхушки картофеля и пестростебельность картофеля.

Для более достоверной оценки пораженности проб картофеля изучаемыми вирусами, наряду с испытаниями инструментальными методами ИФА и ПЦР, использовали растения-индикаторы.

ИФА и ПЦР-анализ проб на наличие вирусной инфекции проводили в лаборатории иммунодиагностики картофеля Центра на основе реагентов импортного производства. Статистическая обработка экспериментального материала

выполнена по Методике полевого опыта с использованием ПЭВМ (Microsoft Excel) [7].

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

**Визуальная оценка состояния посадок картофеля по внешним симптомам вирусных болезней.** Маршрутное обследование посадок картофеля Витебской области проведено в следующих районах: Лиозненском, Полоцком, Лепельском, Верхнедвинском и Поставском. Проведена оценка состояния посадок картофеля по внешним симптомам вирусных болезней.

В Лиозненском районе обследованы товарные посадки картофеля КУСхП «Адаменки». Почвы супесчаные. В результате проведенной визуальной оценки выявлены 20 % растений картофеля с симптомами полосчатой мозаики, с симптомами поражения вирусом моп-топ – 3 %, раттл-вирусом – 4 %.

При обследовании картофельных полей в КУСхП «Крынки» наблюдалось хорошее состояние посадок картофеля. Растений с симптомами поражения вирусом моп-топ, раттл-вирусом и вирусом мозаики люцерны не выявлено. Однако наблюдалась пораженность (до 10 %) скручиванием листьев картофеля и до 25 % с симптомами мозаичного закручивания.

Обследование посадок картофеля частного сектора показало наличие растений (до 15 %) с симптомами поражения раттл-вирусом.

В Полоцком районе в результате обследования картофельных посадок филиала «Весна-Энерго» РУП «Витебскэнерго» отмечено их хорошее состояние. По данным визуальных наблюдений установлена пораженность растений пестростебельностью у 45 % растений. Также были выявлены и некрозы в мякоти клубней картофеля (рис. 1). С симптомами метельчатости верхушки выявлено три растения картофеля.



Рисунок 1 – Клубни картофеля, пораженные раттл-вирусом, выявленные в посадках картофеля Полоцкого района

В товарных посадках картофеля Государственного предприятия «Островщина» отмечено до 20 % растений (в том числе на клубнях) с симптомами поражения раттл-вирусом и до 5 % метельчатости верхушки картофеля.

При обследовании посадок в частном секторе отмечено их удовлетворительное состояние. Пораженность раттл-вирусом составляла 14 %. По симптомам метельчатость верхушки отобрано три растения, одно растение с симптомами ВМЛ и одно с симптомами поражения вирусом черной кольцевой пятнистости томатов (ВЧКПТ, TBRV). Вирус черной

кольцевой пятнистости относится к числу почвенных вирусов и распространяется нематодами *Longidorus ssp.*

В Лепельском районе обследованы посадки ОАО «Лядно», СПК «Черейщина», КФХ «Губино». В ОАО «Лядно» на одном из участков отмечено поражение растений картофеля гербицидами. В ходе визуального обследования выявлено до 8 % растений с симптомами поражения вирусом метельчатости верхушки картофеля (рис. 2) и до 5 % растений – с симптомами пестростебельности.

На картофельных полях в СПК «Черейщина» наблюдалось хорошее состояние посадок картофеля, фаза развития картофеля – цветение. Растений с симптомами редко распространенных вирусов не выявлено.

В КФХ «Губино» развитие и общее состояние посадок удовлетворительное, засоренность сорняками средняя. Картофель находился в фазе цветения – конец цветения. По состоянию поражения вирусными болезнями на трех растениях отмечены внешние симптомы поражения вирусом черной кольцевой пятнистости томатов (рис. 3) и шести с симптомами поражения раттл-вирусом.

В Верхнедвинском районе обследованы товарные посадки картофеля ОАО «Нурово». Почвы супесчаные. Развитие растений картофеля хорошее. По состоянию поражения вирусными болезнями отмечены единичные растения с внешними симптомами метельчатости, раттл-вирусом – до 25,0 % растений.

При обследовании картофельных полей в КУПсХП «Леонишено» наблюдалось хорошее развитие растений и общее состояние посадок картофеля. Растений картофеля с симптомами поражения моп-топ и раттл-вирусом не выявлено, однако на сорте Скарб (элита) наблюдалось до 3 % растений с симптомами поражения скручиванием листьев картофеля и до 7 % – с симптомами крапчатой и пятнистой мозаик.



Рисунок 2 – Симптомы метельчатости выявленные в посадках картофеля Лепельского района



Рисунок 3 – Симптомы поражения вирусом черной кольцевой пятнистости томата, выявленные в КФХ «Губино» Лепельского района

Обследование посадок картофеля в КУПсХП «Дриссенский» показало хорошее состояние полей, на отдельном участке (товарный картофель) отмечалась слабая засоренность просом куриным. Картофель находился в фазе конец цветения. В ходе визуального обследования по внешним симптомам вирусных болезней выявлено 3 % растений с симптомами метельчатости, 10 % растений – с симптомами, схожими с поражением раттл-вирусом, а также по одному растению с симптомами ВМЛ и черной кольцевой пятнистости.

В посадках частного сектора отобрано до 6 % проб с симптомами пестростебельности и одна – с калико.

В Поставском районе в результате обследования картофельных посадок ОАО «Голубые озера» отмечено хорошее их состояние. Картофель находился в фазе бутонизации. Растений картофеля с симптомами поражения метельчатости верхушки, раттл-вируса и калико не выявлено.

В ОАО «Комайский-агро» на одном из полей наблюдалась слабая степень засоренности осотом желтым. На втором участке отмечалась сильная степень засоренности просом куриным. Общее состояние посадок удовлетворительное, развитие растений картофеля среднее. По данным визуального обследования выявлено до 10 % растений с симптомами пестростебельности. Растений с симптомами поражения вирусом мозаики люцерны и вирусом моп-топ выявлено не было. Также в посадках картофеля было отмечено до 40 % растений с симптомами поражения морщинистой мозаикой.

При обследовании посадок в ОАО «Новоселки-Лучай» отмечено хорошее развитие растений картофеля, от слабой до средней степени – засоренность пасленом черным. С симптомами пестростебельности отобрано одно растение. На одном растении паслена черного отмечены симптомы поражения вирусом мозаики люцерны.

На посадках частного сектора выявлено до 5 % растений с симптомами поражения вирусом моп-топ и до 9 % – пестростебельностью.

Пораженность посадок картофеля Витебской области вирусными болезнями метельчатости верхушки, пестростебельности и калико представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты визуальной диагностики посадок картофеля Витебской области по пораженности вирусными болезнями, 2012 г.

Исследуемый район	Поражено растений вирусными болезнями, %		
	Метельчатость верхушки картофеля	Пестростебельность картофеля	Калико
Лиозненский	1,7	6,3	0
Полоцкий	2,7	26,7	0,01
Лепельский	2,7	6,3	0
Верхнедвинский	1,3	8,3	0,01
Поставский	1,3	5,5	0,01
Среднее	1,9	10,6	0,01

Данные, представленные в таблице, указывают на то, что наибольшее распространение пестростебельности выявлено в Полоцком районе (26,7 %), наименьшее – в Поставском (5,5 %). Распространение метельчатости верхушки картофеля и калико является незначительным и составляет от 0 до 2,7 %.

**Биотест на растениях-индикаторах.** Биотест по определению раттл-вируса и вируса метельчатости верхушки картофеля проводили на растениях-индикаторах *Nicotiana tabacum L.* (сорт Самсун), *Nicotiana sylvestris L.*, *Solanum nigrum L.* и *Gomphrena globosa L.*

Приготовленным инокулюмом от растений картофеля с симптомами исследуемых вирусов проводили механическую инокуляцию растений-индикаторов. Учеты развития внешних симптомов и их описание на растениях-индикаторах вирусов проводили каждые пять дней с момента заражения. Установлено, что визуальные симптомы на растениях-индикаторах варьировали как по внешнему проявлению, так и по времени их появления.

При проведении биотеста на растениях-индикаторах *N. tabacum L.* (сорт Самсун), инокулированных соком от проб растений картофеля, отобранных с полей Полоцкого района с симптомами пестростебельности картофеля, проявились симптомы хлорозно-некротических полос и некрозов на инокулированных листьях через 12 дней после инокуляции (рис. 4).

При последующих визуальных учетах эти симптомы усиливались и появлялись на вновь отрастающих молодых листьях, впоследствии развитие инфекции приводило к полной гибели растений табака, что указывает на системную реакцию проявления раттл-вируса при искусственной инокуляции растения-индикатора.

На других индикаторных растениях также получены типичные симптомы, соответствующие описанию в учебно-методическом пособии ВИЗР (рис. 5, 6) [8].

Значительная часть растений-индикаторов *N. tabacum L.* и *N. sylvestris L.* реагировала на заражение инокулюмом от листовых проб с симптомами



Рисунок 4 – Хлорозно-некротические полосы и некрозы, проявившиеся через 12 дней после инокуляции *Nicotiana tabacum L.* (сорт Самсун) соком от листовых проб картофеля с симптомами поражения раттл-вирусом

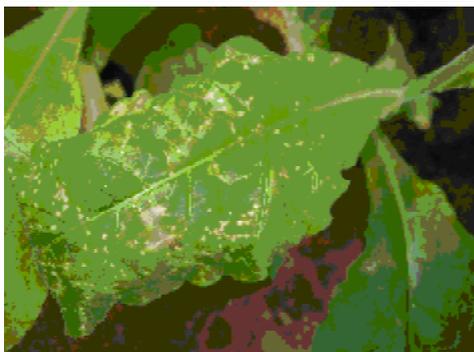


Рисунок 5 – Симптомы в виде некротических пятен на листьях табака *N. sylvestris L.* при инокуляции соком от листовых проб картофеля, пораженных раттл-вирусом



Рисунок 6 – Симптомы концентрических локальных коричневых пятен на растениях *N. tabacum L.* при инокуляции соком от листовых проб картофеля, пораженных вирусом моп-топ

поражения раттл-вирусом отмиранием и повисанием листьев на стеблях, полной гибелью растений или хлорозно-некротическими узорами на растениях *N. tabacum L.* (рис. 7, 8).

**Иммуноферментный анализ отобранных проб.** Идентификацию вирусов: вирус картофеля моп-топ (PMTV), раттл-вирус (TRV) и вирус мозаики люцерны (AMV) с помощью ИФА и ПЦР-диагностики (вирус картофеля моп-топ) в пробах проводили с использованием замороженного сока исследуемых растений картофеля и свежавыжатого сока, полученного из листового материала растений-индикаторов.

По данным проведенного инструментального анализа проб, отобранных с посадок картофеля пяти районов Витебской области, установлено, что наибольшее



Рисунок 7 – Симптомы отмирания и повисания листьев на растениях табака *N. sylvestris L.* при инокуляции соком от листовых проб картофеля, пораженных раттл-вирусом



Рисунок 8 – Симптомы хлорозно-некротических узоров на растениях *N. tabacum L.* при инокуляции соком от листовых проб картофеля с симптомами поражения раттл-вирусом

Таблица 2 – Результаты диагностики картофеля на пораженность вирусом mop-top картофеля, раттл-вирусом и вирусом мозаики люцерны, Витебская область, ИФА, 2012 г.

Исследуемый район	Поражено растений вирусами, %		
	PMTV	TRV	AMV
Лиозненский	1,8	8,3	0,9
Полоцкий	2,4	5,5	1,2
Лепельский	2,5	17,3	4,9
Верхнедвинский	1,9	9,7	4,3
Поставский	4,0	7,3	2,6
Среднее	2,5	9,6	2,8

распространение из трех изучаемых вирусов имеет раттл-вирус, который обнаружен в пробах каждого из исследуемых районов. Наибольшее количество положительных проб выявлено в Лепельском районе – 17,3 % (табл. 2).

В Лепельском районе максимальное количество положительных проб, содержащих раттл-вирус, выявлено в материале, отобранном в частном секторе.

Пораженность посадок картофеля Витебской области вирусом mop-top и вирусом мозаики люцерны является менее значительной. Наличие положительных реакций при детекции отобранных проб с помощью иммуноферментного анализа было отмечено во всех исследованных районах в различной степени. Наименьшее количество пораженных вирусом мозаики люцерны листовых проб картофеля было выявлено в Лиозненском и Полоцком районах, а вирусом mop-top – в Лиозненском и Верхнедвинском. В остальных районах распространенность инфекции ВМЛ составляла от 2,6 до 4,9 %, PMTV – 2,4–4,0 %.

Для установления распространения некротических повреждений клубней, вызываемых почвенными вирусами, проведен сбор клубневых проб от партий картофеля, заложенного на хранение в сельскохозяйственных предприятиях Полоцкого, Верхнедвинского и Лепельского районов Витебской области. Клубневые пробы отбирали от каждой партии сорта, заложенной на хранение в условиях картофелехранилища. По данным проведенного клубневого анализа, некрозы клубней выявлены на сортах: Ред Скарлет 2 репродукция (1,7 %) и Скарб 1 репродукция (2,5), Верхнедвинский район; Скарб 1 репродукция (3,3), Рагнеда суперэлита (7,5 %), Полоцкий район (рис. 9).



Рисунок 9 – Симптомы поражения в виде некротических колец, полуколец и дуг на клубнях картофеля, выявленные по результатам клубневого анализа, Полоцкий район

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате визуальной диагностики было установлено, что на товарных посадках и посадках частного сектора отмечалась в различной степени пораженность растений со схожими симптомами таких вирусных болезней, как метельчатость верхушки картофеля, пестростебельность картофеля, калико, встречаемость которых во многом зависела от репродукционного состава и категории хозяйства. Наибольшее количество растений со схожими симптомами поражения пестростебельностью отмечено в посадках картофеля филиал «Весна-Энерго» РУП «Витебскэнерго» и Государственного предприятия «Островщина» Полоцкого района.

По данным визуальных наблюдений и проведенного биотеста на растениях-индикаторах, наибольшее распространение пестростебельности (26,7 %) и метельчатости верхушки картофеля (2,7 %) отмечено для Полоцкого района, наименьшее – для Поставского (1,3 и 5,5 % соответственно).

Проведенный инструментальный анализ листовых проб, отобранных с посадок картофеля пяти районов Витебской области, позволил установить, что наибольшее распространение из трех изучаемых вирусов имеет раттл-вирус, который обнаружен в каждом из исследуемых районов. Наибольшее количество положительных проб выявлено в Лепельском районе – 17,3 %. Пораженность посадок картофеля вирусом моп-топ в Витебской области и вирусом мозаики люцерны является менее значительной. Наличие положительных реакций при детекции отобранных проб с помощью иммуноферментного анализа было отмечено во всех исследованных районах в различной степени. Наименьшее количество пораженных вирусом мозаики люцерны листовых проб картофеля было выявлено в Лиозненском и Полоцком районах, а вирусом моп-топ – в Лиозненском и Верхнедвинском. В остальных районах распространенность инфекции ВМЛ составляла от 2,0 до 5,0 %, РМТВ – 2,4–4,0 %.

### Список литературы

1. Блоцкая, Ж.В. Вирусные, виroidные и фитоплазменные болезни картофеля. / Ж.В. Блоцкая. – Минск: Тэхналогія, 2000. – 120 с.
2. Dale, M. F. V. Effects of systemic infections with Tobacco rattle virus on agronomic and quality traits of a range of potato cultivars / M.F.V. Dale, D.J. Robinson and D. Todd // Plant Pathology. – 2004. – Vol. 53. – P. 788–793.
3. Замалиева, Ф.Ф. Биологическое обоснование защиты от заражения вирусами оздоровленного семенного картофеля в Республике Татарстан: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.01.11, 06.01.05 / Ф.Ф. Замалиева, Укр. с.-х. акад. – Киев, 1989. – 45 с.
4. Блоцкая, Ж.В. Вирусные болезни картофеля. / Ж.В. Блоцкая. – Минск: Навука і тэхніка, 1993. – 222 с.
5. Русецкий, Н.В. Изучение распространенности вирусных болезней картофеля в Витебской области / Русецкий Н.В., Козлов В.А., Чашинский А.В. // Земляробства і ахова раслін. – 2007. – № 4 (53). – С. 44–47.

6. Mulder, A. Potato diseases (diseases, pests and defects) / A. Mulder & L.J. Turkensteen // NIVAP, Holland, – 2005. – 280 p.

7. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта. / Б.А. Доспехов. – М.: Колос, 1985. – 416 с.

8. Самсонова, Л.Н. Диагностика вирусных и фитоплазменных болезней овощных культур и картофеля / Л.Н. Самсонова, А.Е. Цыпленков, Т.А. Якуткина. – ВИЗР. – 2001. – 47 с.

Поступила в редакцию 16.11.2015 г.

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

**TOBACCO RATTLE VIRUS, POTATO MOP-TOP VIRUS AND ALFALFA MOSAIC VIRUS MONITORING IN THE POTATO PLANTING IN GOMEL REGION**

**SUMMARY**

*The monitoring results to identify tobacco rattle virus, potato mop-top virus and alfalfa mosaic virus in the planting of potato at various management agriculture of five districts of Vitebsk region are present in the article.*

*It is established that the greatest distribution from three studied viruses has Rattle-virus (5.5–17.3 %) which is found out in each of investigated areas. The greatest quantity of positive tests is revealed in Lepel (17.3) area. The incidence potato plantings of mop-top and alfalfa mosaic viruses has the less significance.*

*Tuberous analysis method has revealed the necrosis of the pulp in tubers of the following varieties: Red Scarlet, Skarb of Verkhnedvinsk area (1.7–2.5 %), Skarb, Ragneda of Polatsk area (3.3–7.5 %).*

*Key words: potato, virus diseases, monitoring, tobacco rattle virus, mop-top virus, alfalfa mosaic virus, ELISA, PCR, plant-indicator.*

**РАЗДЕЛ 5**  
**СЕМЕНОВОДСТВО И ТЕХНОЛОГИИ**  
**ПРОИЗВОДСТВА КАРТОФЕЛЯ**

УДК 635.21:581.14:631.8

**В.В. Анципович, А.И. Адамова, А.И. Попкович**

РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству», аг. Самохваловичи, Минский район  
E-mail: semena\_bulba@tut.by

**ВЛИЯНИЕ НАНОУДОБРЕНИЯ (НАНОПЛАНТ СО, МН, СU, FЕ)  
НА РОСТ И РАЗВИТИЕ ЭКСПЛАНТОВ КАРТОФЕЛЯ В  
КУЛЬТУРЕ IN VITRO**

**РЕЗЮМЕ**

*В статье приведены результаты исследований по влиянию наноудобрений (Наноплант Со, Мп, Си, Fe) на рост и развитие эксплантов картофеля сорта Палац в культуре in vitro. Установлено, что наноудобрение (Наноплант Со, Мп, Си, Fe) в концентрации 0,1 мл/л повышает биометрические показатели растений in vitro.*

*Ключевые слова:* картофель, клон, линии, эксплант, культура in vitro, наноудобрение (Наноплант Со, Мп, Си, Fe).

**ВВЕДЕНИЕ**

Увеличение объема производства картофеля в современных условиях может быть обеспечено только при соблюдении главного требования – повышение качества семенного материала. В РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству» применяется схема отбора, направленная на поиски изначально здорового материала для перевода в культуру in vitro и получения первого клубневого поколения [4]. Схема отбора начинается в селекционных и полевых питомниках, где авторами отбираются соответствующие морфотипу, лучшие по урожайности и наиболее устойчивые к болезням клоны сортов и гибридов. Дальнейший отбор проводят в лаборатории иммунодиагностики, где из отобранных клонов выделяют индексы и выращивают растения, которые тестируют на содержание вирусов. Растения, выделенные по результатам диагностики ИФА, подвергаются тестированию методом ПЦР на наличие бактериальных и вирусных болезней, а также ВВКК в латентной форме. После проведения комплексной оценки здоровый материал в виде эксплантов переводят в стерильную культуру. Развитие эксплантов в культуре in vitro занимает около трех месяцев с несколькими пересадками на новые питательные среды [6]. Ускорить рост эксплантов до получения

хорошо развитых растений является актуальной задачей, решение которой планируется осуществить путем использования наноудобрений.

Впервые термин «нанотехнология» употребил Норио Танигути в 1974 г. Он назвал этим термином производство изделий размером несколько нанометров [1]. Сейчас наноматериалы и нанотехнологии находят применение практически во всех областях сельского хозяйства: растениеводстве, животноводстве, птицеводстве, рыбоводстве, ветеринарии, перерабатывающей промышленности. Наряду с традиционными солевыми и хелатными формами удобрений нанопрепараты становятся все более популярными и в растениеводстве. Их применяют как для обработки семян, так и для некорневых подкормок растений [3].

Известно, что клеточная мембрана не способна пропускать внутрь клетки питательные вещества в виде крупных, с точки зрения микромира, молекулярных комплексов. Поэтому в процессе изготовления наноудобрений используются нанотехнологии для измельчения крупных молекулярных образований питательных и биологически активных веществ. Полученные вещества с характерными размерами частиц становятся более активными [2]. Размер частиц этих веществ в десятки и даже сотни раз меньше, чем микроны. Их применение дает возможность при минимальных дозах препаратов достигать гораздо больших эффектов [5].

При некорневых подкормках наноудобрениями происходит воздействие непосредственно на листовую пластину, что ведет к увеличению количества и площади листьев, возрастанию количества продуктивных стеблей, стимулированию обильного цветения, активизации синтеза и оттока питательных и биологически активных веществ из листа в плоды и в корневую зону. В ризосфере растений (область развития корневой системы) повышается биологическая активность и ускоряются процессы обмена веществ, смягчается воздействие химического стресса в системе «почва – растение».

В результате применения наноудобрений растения получают оптимальное питание, что активизирует ферментативную активность на клеточном уровне, нормализует и интенсифицирует обменные процессы. Это приводит к укреплению иммунной системы, общему оздоровлению растений и увеличению урожайности (в среднем в 1,5–2,0 раза) [2].

Цель исследований: изучить влияние наноудобрения (Наноплант Со, Мн, Су, Fe) на рост и развитие эксплантов для получения хорошо развитых растений в культуре *in vitro*.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Исследования выполнялись в лаборатории микрклонального размножения картофеля РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству». Наноудобрение (Наноплант Со, Мн, Су, Fe) было предоставлено ГНУ «Институт физико-органической химии Национальной академии наук Беларуси».

Объектом исследований служил новый сорт картофеля белорусской селекции ранней группы спелости Палац.

Согласно схеме опыта экспланты, выделенные из здоровых клонов, были высажены в трех вариантах на питательные среды. В процессе регенерации проростки, полученные из эксплантов на питательной среде первого этапа, были пересажены на измененную по составу питательную среду для стимуляции ризогенеза, дальнейшего роста и развития микрорастений. Образовавшиеся в процессе регенерации микрорастения дважды пересаживались на питательные среды для черенкования с целью получения полноценных материнских растений *in vitro*. В процессе каждой пересадки проводился учет биометрических данных.

**Схема опыта:**

- 1.1. Питательная среда Мурасиге-Скуга для эксплантов – контроль.
- 1.2. Питательная среда Мурасиге-Скуга для эксплантов + наноудобрение (Наноплант Co, Mn, Cu, Fe) 0,035 мл/л.
- 1.3. Питательная среда Мурасиге-Скуга для эксплантов + наноудобрение (Наноплант Co, Mn, Cu, Fe) 0,1 мл/л.
- 2.1. Питательная среда Мурасиге-Скуга для укоренения – контроль.
- 2.2. Питательная среда Мурасиге-Скуга для укоренения + наноудобрение (Наноплант Co, Mn, Cu, Fe) 0,035 мл/л.
- 2.3. Питательная среда Мурасиге-Скуга для укоренения + наноудобрение (Наноплант Co, Mn, Cu, Fe) 0,1 мл/л.
- 3.1. Питательная среда Мурасиге-Скуга для черенкования – контроль.
- 3.2. Питательная среда Мурасиге-Скуга для черенкования + наноудобрение (Наноплант Co, Mn, Cu, Fe) 0,035 мл/л.
- 3.3. Питательная среда Мурасиге-Скуга для черенкования + наноудобрение (Наноплант Co, Mn, Cu, Fe) 0,1 мл/л.

**РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Проведенная последовательно двукратная диагностика с помощью методов ИФА и ПЦР 199 клонов нового раннего сорта Палац позволила выделить 11 здоровых клонов для введения в культуру ткани. Из выделенных клонов в культуру ткани введено 132 экспланта (по 44 экспланта на вариант) (табл. 1).

Таблица 1 – Оценка и отбор здоровых клонов сорта Палац и их перевод в культуру *in vitro*, 2014 г.

Сорт	Количество клонов, шт.	Количество здоровых клонов после ИФА, шт.	Количество здоровых клонов, после ПЦР, шт.	Количество вычлеченных эксплантов по вариантам опыта		
				1 вариант – контроль	2 вариант – 0,035 мл/л	3 вариант – 0,1 мл/л
Палац	199	65	11	44	44	44

Через месяц проводилась пересадка проростков, полученных на питательной среде Мурасиге-Скуга для эксплантов, на питательную среду Мурасиге-Скуга для укоренения, согласно схеме опыта. В результате пересадки было получено 107 материнских растений (табл. 2).

Проведен предварительный учет данных по биометрическим показателям (табл. 3).

Из таблицы 3 видно, что количество растений *in vitro* в варианте с нанодобрием больше по сравнению с контролем. Средняя высота растений в контроле выше, чем в других вариантах, так как при одинаковом количестве междоузлий, расстояние между ними больше, чем в вариантах с нанодобрием. Средняя длина корней выше в варианте 2.3. Среднее количество корней в варианте 2.2 с нанодобрием значительно ниже, чем в контроле и варианте 2.3. На данном этапе исследований концентрация нанодобриений 0,035 мл/л выступает в качестве ингибитора, так как средняя высота растений и количество корней меньше по отношению к контролю.

Далее была проведена пересадка материнских растений *in vitro* на среду Мурасиге-Скуга для черенкования + нанодобрение и сделан учет биометрических показателей (табл. 4).

За 30 дней культивирования растений *in vitro* сорта Палац на питательных средах в варианте 3 наблюдалось положительное влияние нанодобриения (Наноплант Co, Mn, Cu, Fe) на рост и развитие эксплантов по всем показателям в сравнении с контролем. По количеству корней, их средней длине, а также

Таблица 2 – Пересадка эксплантов на питательную среду Мурасиге-Скуга для укоренения + нанодобрение, 2014 г.

Сорт	Варианты опыта	Количество эксплантов <i>in vitro</i> , шт.	Количество проростков после пересадки, шт.	Количество микрорастений, шт.
Палац	2.1 – контроль	44	38	29
	2.2 – 0,035 мл/л	44	39	37
	2.3 – 0,1 мл/л	44	41	41
Итого		132	118	107

Таблица 3 – Биометрические данные растений *in vitro* сорта Палац, полученные в процессе их регенерации из эксплантов, 2014 г.

Сорт	Варианты опыта	Количество растений <i>in vitro</i> , шт.	Средняя высота растений, см	Средняя длина корней, см	Среднее количество корней, шт.
Палац	2.1 – контроль	29	4,7	9,3	4,6
	2.2 – 0,035 мл/л	37	3,1	10,9	3,4
	2.3 – 0,1 мл/л	41	3,8	11,1	4,9
Итого		107			

Таблица 4 – Биометрические показатели растений, полученных на питательной среде Мурасиге-Скуга для черенкования + нанодобрение, 2014 г.

Варианты опыта	Количество растений in vitro, шт.	Средняя высота растений, см	Средняя длина корней, см	Среднее количество корней, шт.	Коэффициент размножения, шт.
3.1 – контроль	29	8,6	8,2	5,9	6,6
3.2 – 0,035 мл/л	37	11,3	9,4	8,6	6,9
3.3 – 0,1 мл/л	41	11,9	10,5	8,8	7,3
Итого	107				

средней высоте растений лучшие показатели получены на питательной среде с добавлением нанодобрения в концентрации 0,1 мл/л. Отмечено также, что растения, выросшие на средах с нанодобрением, обладают большей листовой пластинкой и утолщенным стеблем, что облегчает непосредственную работу при черенковании в условиях in vitro.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Использование нанодобрения (Наноплант Co, Mn, Cu, Fe) в концентрации 0,1 мл/л в питательной среде Мурасиге-Скуга положительно влияет на рост и развитие эксплантов, а также на получение хорошо развитых растений в культуре in vitro. Коэффициент размножения растений in vitro в вариантах с данной концентрацией на 10 % выше по сравнению с контролем, а количественный выход эксплантов – на 41 % соответственно.

Использование нанодобрения (Наноплант Co, Mn, Cu, Fe) может быть рекомендовано при переводе клонов в культуру ткани и микроклональном размножении картофеля.

### Список литературы

1. Алфимова, М.М. Занимательные нанотехнологии / М.М. Алфимова. – М.: Бином, 2011. – С. 96.
2. Богатство наномира. Фоторепортаж из глубин вещества / Е.А. Гудилин [и др.]. – М.: Бином, 2009. – С.176.
3. Головин, Ю.И. Наномир без формул / Ю.И. Головин. – М.: Бином, 2012. – С. 543.
4. Технология производства исходного семенного материала картофеля / А.И. Адамова [и др.] // Сб. науч. тр. / НАН Беларуси, Институт картофелеводства. – Минск, 2002. – С. 187–225.
5. Эрлих, Г. Малые объекты – большие идеи. Широкий взгляд на нанотехнологии / Г. Эрлих. – М.: Бином, 2011. – С. 254.
6. Эффективность сочетания полевого отбора с культурой in vitro при производстве качественного семенного материала картофеля / А.И. Адамова [и др.] // Картофелеводство: сб. науч. тр. / РУП «Науч-практ. центр НАН

Беларуси по картофелеводству и плодОВООВОЩЕВОДСТВУ»; редкол.: В.Г. Иванюк (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2008. – Т. 14. – С. 14–19.

Поступила в редакцию 23.11.2015 г.

V.V. ANTSEPOVICH, A.I. ADAMOVA, A.I. POPKOVICH

**NANOFERTILIZER EFFECT (NANOPLANT CO, MN, CU, FE) ON THE GROWTH AND DEVELOPMENT OF POTATO EXPLANTS IN CULTURE IN VITRO**

**SUMMARY**

*The research results on the nanofertilizer effect (Nanoplant Co, Mn, Cu, Fe) on the growth and development of potato explants in culture in vitro of varieties Palats are given in the article. It is found that the nanofertilizer (Nanoplant Co, Mn, Cu, Fe) in a concentration of 0.1 ml/l increase biometrics plants in vitro.*

*Key words:* potato, clone, lines, explant, culture in vitro, nanofertilizer (Nanoplant Co, Mn, Cu, Fe).

УДК 631.362.35:635.21

**А.С. Воробей**

РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», г. Минск

E-mail: nadejda\_nvt@mail.ru

**УХОД ЗА ПОСАДКАМИ ТОПИНАМБУРА И КАРТОФЕЛЯ  
КУЛЬТИВАТОРОМ ГРЯДОВЫМ КГ-1****РЕЗЮМЕ**

*В статье описана конструкция нового культиватора грядового КГ-1 для ухода за посадками картофеля и топинамбура на грядах. Также описан технологический процесс его работы.*

*Новый культиватор грядовый КГ-1 показал эффективное применение в процессе ухода за посадками картофеля и топинамбура.*

*Ключевые слова:* картофель, топинамбур, культиватор грядовый, почва, уход за посадками, междурядная обработка.

**ВВЕДЕНИЕ**

Основными отраслями сельского хозяйства Беларуси являются растениеводство и животноводство, которые служат удовлетворению потребностей людей, органически дополняют друг друга в хозяйственном использовании природных, материально-технических и трудовых ресурсов. Отрасль растениеводства производит корма, без которых невозможно развитие животноводства, где продукция растениеводства преобразуется в высококалорийные продукты и ценное промышленное сырье. Рост продуктивности животноводства невозможен без увеличения производства кормов, которое происходит преимущественно за счет повышения урожайности культур.

Погодные условия республики в течение вегетационного периода характеризуются значительной нестабильностью: раннее потепление сменяется возвратными заморозками, часто наблюдаются длительные засушливые периоды, повышение температуры выше 30 °С. В результате этого происходит снижение валового сбора сельскохозяйственных культур, недобор кормов для животноводства. В данных условиях актуально внедрение в производство растений с высокой биологической продуктивностью и малыми энергозатратами на их возделывание. Одной из таких культур является топинамбур. Это растение много лет может произрастать на одном месте без ежегодных посадок, так как клубни хорошо сохраняются в почве до весны. Он в незначительной степени поражается вредителями и болезнями, поэтому при его выращивании можно обойтись без химических средств защиты растений. Топинамбур может давать хорошие урожаи на самых бедных почвах, непригодных для других культурных растений. Его широко используют для выработки

лекарств, диетических продуктов питания, фруктозы и этанола. Это самое дешевое сырье для производства моторного спирта.

Однако в Беларуси не осуществляется крупномасштабная переработка топинамбура. Одна из причин – недостаточно отработаны технологии возделывания, отсутствует специальный комплекс машин, позволяющий обеспечить комплексную механизацию производства продукции топинамбура при создании крупных сырьевых зон для промышленной переработки.

Одним из самых перспективных направлений в растениеводстве на сегодняшний день является выращивание картофеля, который, наряду с хлебом, – один из основных продуктов питания, а среди овощных культур, бесспорно, занимает лидирующее положение. Он используется на продовольственные, кормовые и технические цели и имеет большое агротехническое значение, являясь прекрасным предшественником для зерновых культур.

При возделывании топинамбура и картофеля на грядах эффективнее решаются вопросы регулирования водно-воздушного режима, борьбы с сорняками, локального внесения органических и минеральных удобрений, комбайновой уборки, использования на технологических операциях современных тракторов.

Грядовая технология возделывания более устойчива к неблагоприятным воздействиям окружающей среды. В условиях избыточного увлажнения на грядах меньше опасность повреждения клубней в результате удушья, поскольку гнездо находится выше дна борозды, к тому же гряды меньше размываются ливневыми осадками. А в условиях засухи или в периоды высоких температур воздуха массивная гряда меньше перегревается и пересыхает. Важно также, что при использовании грядовой технологии значительно снижается опасность повреждения зоны расположения клубней, что благоприятно сказывается на качестве механизированной уборки. При этом в разы меньше поврежденных клубней в ворохе и засоренность вороха земель.

Использование грядового метода увеличивает мощность корнеобитаемого слоя и снижает уплотнение почвы, способствует развитию корневой системы и формированию большего урожая. Метод применяется для улучшения водно-воздушного и теплового режимов почвы на полях с равнинным рельефом, в основном на тяжелых по механическому составу почвах.

Междурядная обработка плантаций топинамбура и картофеля – важный агротехнический комплекс мероприятий, направленный на создание рыхлого слоя почвы в междурядьях, обеспечение свободного доступа воздуха к клубням, улучшение их возделывания и питательных режимов, уничтожение сорняков, сохранение и накопление влаги, усиление жизнедеятельности полезных микроорганизмов почвы для создания оптимальных условий роста и развития растений в течение всего периода вегетации. В отличие от других культур, и у топинамбура, и у картофеля долго длится довсходовый период – от 15 до 25 дней. За это время нередко выпадают дожди, почва уплотняется, в связи с чем ухудшается доступ кислорода и тепла к клубням – все это требует создания рыхлого слоя почвы не только на вершине гряды, но и на склонах в междурядьях.

## ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Для получения хороших урожаев топинамбура и картофеля требуется внедрение новых технологий (их производства). Для этих целей РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» предлагает навесной культиватор рядовой КГ-1 для междурядной обработки, который дает возможность полностью разрушить поверхностную корку почвы и гарантирует удаление всех сорных растений.

Культиватор рядовой состоит из рамы 1, выполненной в виде бруса из трубы прямоугольного сечения с элементами быстросоединяющего сцепного устройства, навески 2, хода колесного 3, выполненного пневматическим и удерживающего раму культиватора на определенной высоте над поверхностью почвы во время работы, двух крайних секций 4, двух центральных секций 5, двух спиралевидных конических роторов 6, двух цилиндрических роторов 7, ложечкообразных зубьев 8, основной оси конического ротора 9, подшипников ротора 10, восьми S-образных стоек 11, восьми стрелчатых лап 12, четырех опорно-регулирующих колес 13 (рис. 1, 2).

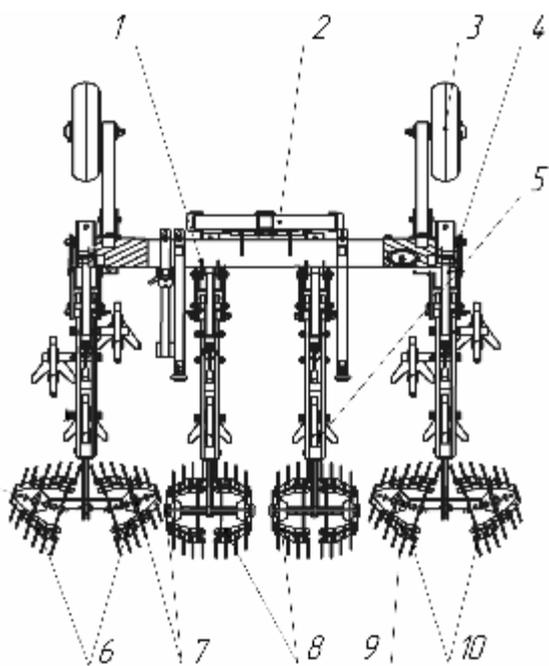


Рисунок 1 – Схема культиватора рядового КГ-1: 1 – рама; 2 – навеска; 3 – ход колесный; 4 – две крайние секции; 5 – две центральные секции; 6 – два спиралевидных конических ротора; 7 – два цилиндрических ротора; 8 – ложечкообразные зубья; 9 – две основные оси конического ротора; 10 – подшипники ротора

Технологический процесс работы культиватора рядового заключается в следующем: культиватор рядовой работает на грядах при посадках картофеля или топинамбура по технологии два рядка с междурядьями 75 см и три рядка с междурядьями 42 см. Культиватор с рамой 1 при помощи навески 2 навешивается на трактор тягового класса 1,4. Ход колесный 3 устанавливается на требуемую колею. Опорно-регулирующими колесами 13 устанавливается требуемая глубина обработки растений. Также между двумя крайними секциями 4 с четырьмя спиралевидными коническими роторами 6, включающими ложечкообразные зубья 8 и две центральные секции 5, имеющие два цилиндрических ротора 7, регулируется установка междурядий 75 см либо 42 см.

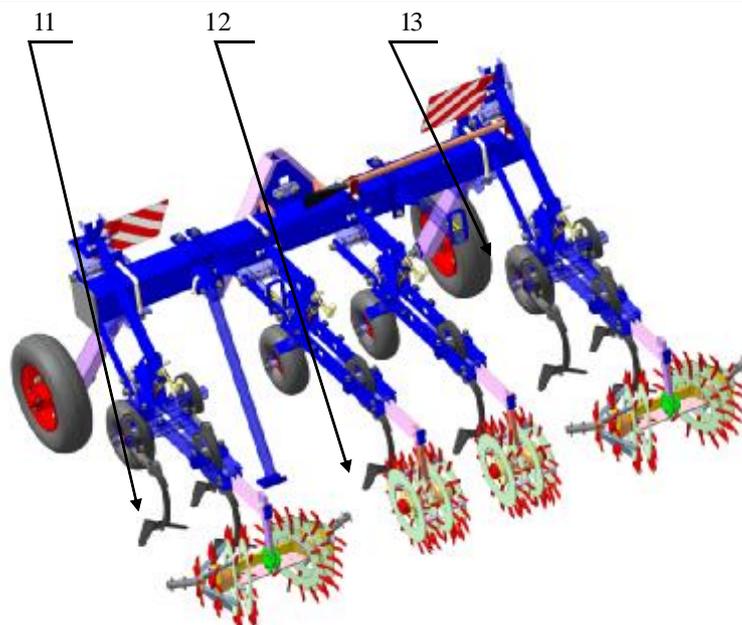


Рисунок 2 – Общий вид культиватора грядового КГ-1:

11 – S-образные стойки; 12 – стрельчатые лапы; 13 – опорно-регулирующее колесо

За трактором, рабочая скорость которого составляет 6 км/ч, движется культиватор грядовый. Восемь стрельчатых лап 12, располагающихся на S-образных стойках 11, подсыпают почву к гряде. Вращающиеся на основных осях 9 в подшипниках 10 спиралевидные конические роторы 5 с ложечкообразными зубьями 8 и цилиндрические роторы 7, благодаря спиралевидной форме, уплотняют грядку и уничтожают сорняки. Техническая характеристика культиватора приведена в таблице.

Таким образом, при помощи культиватора грядового КГ-1 осуществляется качественный механизированный процесс междурядной обработки растений картофеля и топинамбура на грядах, в ходе которого не происходит их повреждения и травмирования и при этом сохраняется оптимальный водно-воздушный режим гряды для дальнейшего роста и развития культур и получения высоких урожаев.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение культиватора грядового КГ-1 позволит производить качественный уход за посадками картофеля и топинамбура, так как рабочие органы культиватора не повреждают и не извлекают клубни из почвы, равномерно окучивают посадки, полностью разрушают поверхностную корку почвы и гарантируют удаление сорных растений. Использование КГ-1 также обеспечивает защиту всходов и не допускает их засыпания почвой. Большое значение для пользователей данной техники имеет возможность точного регулирования глубины обработки.

Таблица – Техническая характеристика культиватора КГ-1

Показатель	Значение
Марка культиватора	КГ-1
Тип культиватора	Навесной
Количество обрабатываемых гряд, шт.	1
Ширина междурядий, см	42, 75
Количество обрабатываемых рядков в гряде, шт.:	
– при ширине междурядий 42 см	3
– при ширине междурядий 75 см	2
Рабочая ширина захвата, м	1,5
Ширина колеи, м	1,8
Производительность за 1 час, га:	
– основного времени	1,20
– сменного времени	0,84
– эксплуатационного времени	0,79
Удельный расход топлива, не более, кг/га	10,5
Транспортная скорость, не более, км/ч	15
Количество персонала по профессиям, необходимого для выполнения основной операции	1 тракторист-машинист
Габаритные размеры, не более, мм:	
– в рабочем положении:	
длина	2550
ширина	5100
высота	2500
– в транспортном положении:	
длина	2550
ширина	2500
высота	1800

Поступила в редакцию 20.11.2015 г.

A.S. VOROBЕY

## PLANTING CARE OF TOPINAMBUR AND POTATO BY CULTIVATOR RIDGE KG -1

### SUMMARY

*The construction of new cultivator ridge KG-1 for planting care of topinambur and potato on the ridges is described in the article. The technologic process of its work is also described.*

*The new cultivator ridge KG-1 has shown effectiveness in process caring of topinambur and potato plantings.*

*Key words:* potato, topinambur, cultivator ridge, soil, planting care, intercultivation.

УДК 635.21:631.54:631.555:631.87

**А.Л. Коваленко**

Опытная станция лубяных культур Института сельского хозяйства северо-востока Национальной академии аграрных наук Украины, г. Глухов, Сумская область, Украина  
E-mail: kovalalexey.yar@mail.ru

## **ПРИМЕНЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ АГРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЕМОВ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ СЕМЕННЫХ КАЧЕСТВ И ПОВЫШЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА РАЗМНОЖЕНИЯ КАРТОФЕЛЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ОЗДОРОВЛЕННОГО ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА В УСЛОВИЯХ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЛЕСОСТЕПИ УКРАИНЫ**

### **РЕЗЮМЕ**

*В статье приведены результаты исследований за 2013–2014 гг. с использованием оздоровленного исходного материала и применением регулятора роста растений Вымпел, комплексного универсального удобрения Оракул и отдельных агротехнических приемов (прищипывание верхушки, ярусное окучивание) при различных схемах посадки в условиях северо-восточной лесостепи Украины, что позволит улучшить семенные качества клубней и повысить коэффициент их размножения.*

*Ключевые слова:* картофель, сорт, коэффициент размножения, регулятор роста растений, комплексное универсальное удобрение, урожайность.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Картофель является ценным и незаменимым продуктом питания. Среди сельскохозяйственных культур трудно найти такую культуру, которая могла бы сравниться с ней по универсальности использования.

На Украине ее выращивают на всей территории от Полесья до степи на площади более 160 тыс. га. Большинство хозяйств страны получают достаточно низкую урожайность картофеля: 14–16 т/га, что в несколько раз меньше потенциальных возможностей этой культуры.

Основой получения высоких, качественных и устойчивых урожаев картофеля является использование высококачественного семенного материала высоких репродукций. За последние годы в регионе резко сократились площади картофеля в сельскохозяйственных предприятиях различных форм собственности и увеличились в частном секторе, однако урожайность остается на уровне 16–18 т/га, что обусловлено отсутствием высококачественного и, как следствие, высокопроизводительного посадочного материала.

Произошли изменения в структуре производства семенного материала высоких репродукций, ассортименте и требованиях потребителя. Учреждения

и хозяйства региона, которые занимались оздоровлением и последующим выращиванием семян элиты, сократили объемы или вообще прекратили деятельность в этих направлениях. Так как основное производство картофеля сконцентрировано в частном секторе, где не всегда есть возможность соблюдения севооборота и преобладает монокультура, особой угрозой становятся нематода и вирусные болезни, что приводит к вырождению картофеля, ухудшению качества семенного материала.

С использованием сортов нового поколения, применением новых препаратов и других мероприятий будет доказана возможность увеличения коэффициента размножения картофеля в условиях закрытого грунта и полевых.

Во многих странах мира растет научный и практический интерес к регуляторам роста растений (РРР) и комплексным универсальным удобрениям (КУУ). Интерес к их применению вызван тем, что возможности использования обычных (традиционных) удобрений для дальнейшего роста производительности и как можно большей реализации потенциала сельскохозяйственных культур исчерпываются, поэтому увеличение будет достигаться за счет применения биостимуляторов.

Впервые для определенного отдельного звена семеноводства на основе биотехнологии в регионе разработаны и исследуются с целью обоснования эффективности агротехнические приемы улучшения семенных качеств картофеля и повышения коэффициента его размножения при выращивании оздоровленных растений картофеля *in vitro*.

Также проводится ряд полевых исследований в первичных звеньях семеноводства с использованием оздоровленного исходного материала и с применением РРР Вымпел, КУУ Оракул и отдельных агротехнических приемов: прищипывание верхушки (удаление точки роста), ярусное окучивание при различных схемах посадки в условиях северо-востока Украины.

Наряду с этим реализация данного проекта позволит восстановить систему семеноводства на северо-востоке Украины. Выращивание и внедрение современных и перспективных сортов картофеля с высоким качеством семенного материала позволит получать в производстве урожайность на уровне 40 т/га с соответствующим экономическим эффектом.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Исследования проводились на опытной станции лубяных культур в условиях закрытого грунта с переходом в открытый грунт в отделе сельскохозяйственного производства на протяжении 2013–2014 гг.

Почва участка под закладку опытов характеризуется черноземом малогумусным среднесуглинистым слаболужным. Содержание гумуса по Тюрину в пахотном слое – 4,3 %; нитратного азота – 0,18 мг/100 г почвы; аммонийного азота – 0,41; лужногидролизованного азота – 10,6;  $P_2O_5$  в слое – 14,05;  $K_2O$  – 5,29 мг/100 г почвы; гидролитической кислотности – 3,18 мг/экв/100 г почвы; pH

солевой вытяжки – 5,99, суммы поглощенных оснований – 39,52 мг-экв/100 г почвы.

Климат в зоне размещения опыта умеренно-континентальный. Среднегодовая температура составляет +6,2 °С. Годовая амплитуда температур воздуха составляет 27,3 °С. Начало и конец вегетации наступает при среднесуточных температурах воздуха 5 °С весной и осенью, то есть 4 апреля и 26 октября соответственно. Среднее многолетнее количество осадков – 570 мм с колебаниями по годам от 350 до 720 мм. За теплый вегетационный период (апрель – сентябрь) их выпадает больше 301 мм, или 71 % годового количества.

Опыты по изучению действия регулятора роста растений Вымпел и комплексного универсального удобрения Оракул и схемы посадки с учетом отдельных агротехнических приемов с целью получения высшего коэффициента размножения клубней оздоровленного биотехнологическим методом исходного материала проводились с сортом картофеля Глазурная (ранний) селекции Института картофелеводства НААН. Клубни высаживались по схеме 50 × 20 см (100 000 растений/га) в четырехкратном повторении, количество клубней в одном повторении – 10. Обработку регулятором роста Вымпел из расчета 0,5 кг/га и комплексным универсальным удобрением Оракул с нормой 1,5 л/га проводили трижды по вегетации ранцевым опрыскивателем: первую – в фазу полные всходы, вторую – в фазу бутонизации растений картофеля (баковой смесью – СЗР + КУУ, РРР), третью – конец цветения (баковой смесью – СЗР + КУУ, РРР). Первое ярусное окучивание планово провели в фазу полные всходы, второе – в фазу бутонизации и третье – сразу по завершению фазы цветения. Первое прищипывание (удаление) верхушки производили в фазу полных всходов культуры. Второе и третье – после отрастания (разветвления) растений независимо от фазы развития.

Фенологические наблюдения за ростом и развитием растений, поражением вирусными болезнями, учет урожайности и ее структура проводились согласно Методическим рекомендациям по проведению исследований с картофелем [4].

Перед сбором урожая осуществляли учет количества растений на участках, определяя плотность насаждений.

Учет больных растений был проведен визуально три раза: первый – в период бутонизации растений; второй – в фазу цветения и третий – перед отмиранием ботвы. Подсчитывали визуально количество больных растений по отдельным видам болезней и выводили их в процентах ко всему количеству растений на участке.

Учет поражения скрытой вирусной инфекцией устанавливали ПЦР-анализом, исследуя 20–100 % растений на участках в четырех или двух несмежных повторениях.

Структуру урожая определяли путем разбора клубней на фракции в соответствии с требованиями ГОСТа. Количество клубней каждой фракции подсчитывали, взвешивая и определяя в процентах от общего количества или

массы. Первичные данные проведенных исследований и учета урожая обрабатывали методом дисперсионного анализа [2, 4].

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Развитие растений характеризуется изменениями физиологических функций организма и органообразующих процессов. Они обуславливают появление новых органов и изменения морфологических признаков растений. Процесс развития растений состоит из определенных периодов – фенологических фаз. Сроки появления всходов являются началом отсчета наступления последующих фаз развития. В проведенных исследованиях фаза бутонизации при предпосадочной обработке растений регулятором роста Вымпел и комплексным универсальным удобрением Оракул у сорта Глазурная наступила в среднем на 2–3 дня и фаза цветения – на 1–2 дня раньше, чем на контроле. Отмирание ботвы задерживалось на 2–5 дней соответственно, при этом при проведении прищипывания верхушки продлевался период вегетации растений картофеля. Применение РРР и КУУ в сочетании с таким агротехническим приемом, как прищипывание, положительно влияло на стеблеобразующую способность растений картофеля. Так, при обработке растений картофеля Вымпелом и Оракулом увеличивалось образование стеблей в кусте в три раза по сравнению с контрольным вариантом (табл. 1). Также отмечался высокий коэффициент ветвления на этих вариантах – 3,4 и 3,6 соответственно.

Анализ проведенных исследований показал положительное влияние регулятора роста Вымпел в сочетании с комплексным универсальным удобрением Оракул и таким агротехническим приемом, как ярусное окучивание на основные составляющие урожая: количество клубней и их массу. Увеличение количества клубней в этом варианте в среднем за два года проведенных нами исследований превышал контрольный вариант на 77 клубней (табл. 2). Следует отметить, что все исследуемые нами варианты с применением РРР Вымпел и КУУ Оракул (с учетом отдельных агротехнических приемов) в течение проведения исследований превышали показатель выхода клубней с куста одного варианта по сравнению с контрольными вариантами.

Основной целью нашей работы было получение высшего коэффициента размножения – количество клубней с одного куста. Так, отмечено устойчивое превышение этого показателя с контрольным во всех вариантах с применением комплексного универсального удобрения Оракул и регулятора роста растений Вымпел (табл. 3).

Следует обратить внимание на такой агротехнический прием, как прищипывание верхушки растения (точки роста) в сочетании с внесением КУУ Оракул, который в течение двух лет обеспечивал безусловное влияние на все морфологические и биологические показатели исследуемых нами объектов, что в дальнейшем может иметь определенные положительные экономические последствия.

Таблица 1 – Морфологические показатели оздоровленных in vitro растений картофеля с учетом отдельных агротехнических приемов при применении РРР Вымпел и КУУ Оракул, 2013–2014 гг.

Вариант опыта	Количество посаженных клубней, шт.	Количество растений на момент уборки, шт.	% сохраненных растений	Количество стеблей, шт.	Коэффициент ветвления	Средняя высота растений, см
1. Контроль – интегрированная технология (50 × 25 см)	40	39	97	47	1,2	63
2. Контроль – (50 × 20 см) + прищипывание	40	38	96	109	2,8	53
3. (50 × 20 см) + прищипывание + Вымпел – 0,5 л/га	40	40	100	138	3,4	55
4. (50 × 20 см) + прищипывание + Оракул – 1,5 л/га	40	40	100	143	3,6	51
5. (50 × 20 см) + прищипывание + (Вымпел – 0,5 л/га + Оракул – 1,5 л/га)	40	39	97	124	3,2	56
6. Контроль – (50 × 20 см) + окучивание	40	40	100	94	1,2	64
7. (50 × 20 см) + окучивание + Вымпел – 0,5 л/га	40	40	100	65	1,7	67
8. (50 × 20 см) + окучивание + Оракул – 1,5 л/га	40	39	97	65	1,6	61
9. (50 × 20 см) + окучивание + (Вымпел – 0,5 л/га + Оракул – 1,5 л/га)	40	40	100	59	1,5	64

Таблица 2 – Структура полученного урожая клубней оздоровленных in vitro растений картофеля с учетом отдельных агротехнических приемов при применении РРР Вымпел и КУУ Оракул, 2013–2014 гг.

Вариант опыта	К уборке растений, шт/тыс. шт. на гектар	Общее количество клубней, шт.	Общий вес клубней, кг	Средний вес клубней с 1 куста, г	Урожайность, т/га
1. Контроль – интегрированная технология (50 × 25 см)	39/97 500	262	14,3	366	35,7
2. Контроль – (50 × 20 см) + прищипывание	38/95 000	277	13,9	365	34,7
3. (50 × 20 см) + прищипывание + Вымпел – 0,5 л/га	40/10 000	292	14,0	350	35,0
4. (50 × 20 см) + прищипывание + Оракул – 1,5 л/га	40/10 000	314	14,5	362	36,2
5. (50 × 20 см) + прищипывание + (Вымпел – 0,5 л/га + Оракул – 1,5 л/га)	39/97 500	299	13,4	343	33,4
6. Контроль – (50 × 20 см) + окучивание	40/10 000	258	13,9	347	34,7
7. (50 × 20 см) + окучивание + Вымпел – 0,5 л/га	40/10 000	306	14,4	360	36,0
8. (50 × 20 см) + окучивание + Оракул – 1,5 л/га	39/97 500	274	14,6	374	36,4
9. (50 × 20 см) + окучивание + (Вымпел – 0,5 л/га + Оракул – 1,5 л/га)	40/10 000	339	15,5	387	38,7

Таблица 3 – Выход клубней по фракциям оздоровленных in vitro растений картофеля с учетом отдельных агротехнических приемов при применении РРР Вымпел и КУУ Оракул, 2013–2014 гг.

Вариант опыта	Средний вес 1 клубня, г	Среднее количество клубней с 1 куста, шт.	Выход клубней по фракциям, %		
			< 25 г	25–60 г	> 60 г
1. Контроль – интегрированная технология (50 × 25 см)	53,8	6,5	23	25	52
2. Контроль – (50 × 20 см) + прищипывание	49,2	7,1	29	35	36
3. (50 × 20 см) + прищипывание + Вымпел – 0,5 л/га	46,0	7,3	31	34	35
4. (50 × 20 см) + прищипывание + Оракул – 1,5 л/га	46,1	8,0	27	36	37
5. (50 × 20 см) + прищипывание + (Вымпел – 0,5 л/га + Оракул – 1,5 л/га)	45,7	7,4	19	36	45
6. Контроль – (50 × 20 см) + окучивание	55,4	6,4	22	50	29
7. (50 × 20 см) + окучивание + Вымпел – 0,5 л/га	49,1	7,6	25	30	45
8. (50 × 20 см) + окучивание + Оракул – 1,5 л/га	56,1	6,9	23	42	35
9. (50 × 20 см) + окучивание + (Вымпел – 0,5 л/га + Оракул – 1,5 л/га)	50,5	8,4	17	40	43

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Установлено, что оптимизировать параметры куста и агрофитоценозов, процесс клубнеобразования, а также повысить адаптационные возможности растений, что в конечном итоге обеспечит получение более высокого урожая картофеля, можно благодаря обработке оздоровленных *in vitro* растений картофеля регуляторами роста растений Вымпел и КУУ Оракул в сочетании с такими агротехническими приемами, как прищипывание верхушки и ярусное окучивание.

## Список литературы

1. Брошак, І.С. Регулятори росту – важливий резерв підвищення врожайності та якості картоплі / І.С. Брошак // Картоплярство: міжвід. темат. наук. зб. – Київ, Аграрна наука, 2004. – Вип. 33. – С. 42–49.
2. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований / Б.А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1989. – 5-е изд. перер. и доп. – 351 с.
3. Кравченко, О.А. Застосування регуляторів росту рослин у сучасній технології вирощування картоплі / О.А. Кравченко, М.Г. Шарапа, П.Ф. Каліцький // Картоплярство України. – 2007. – № 3–4 (8–9). – С. 9–12.
4. Методичні рекомендації що до проведення досліджень з картоплею / УААН. Інститут картоплярства. – Київ: Аграрна наука, 2002. – с. 62.
5. Сохошко, М.М. Сортові особливості бульбоутворення картоплі / М.М. Сохошко, Н.С. Кожушко // Вісник Сумського НАУ. – 2005. – С. 31–35.

Поступила в редакцію 11.11.2015 г.

A.L. KOVALENKO

**DIFFERENT AGROTECHNOLOGICAL RECEPTION FOR IMPROVED SEEDS QUALITY AND INCREASING THE MULTIPLICATION FACTOR OF POTATO IMPROVEMENT WITH THE USE OF THE MATERIAL SOURCE IN THE NORTHEAST UKRAINIAN FOREST STEPPE**

**SUMMARY**

*The research results (2013–2014) of the improved raw material and the use of plant growth regulator Vympel, integrated Oracle universal fertilizer and selected agricultural practices (topping tops, tiered earthing) at different planting schemes in a north-eastern forest steppe of Ukraine, which will improve the quality of seed tubers and increase their rate of reproduction are presented in the article.*

*Key words:* potato, variety, multiplication factor, plant growth regulators, integrated universal fertilizer, productivity.

УДК 635.21:635.5:631.816.1

**Т.Н. Сидоренко, Л.Г. Тихонова**

РУП «Гомельская областная сельскохозяйственная опытная станция»  
НАН Беларуси, д. Довск, Рогачёвский район, Гомельская область  
E-mail: goshos@mail.gomel.by, sidorenkotamara@mail.ru

## **ИЗМЕНЕНИЕ БИОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ В КЛУБНЯХ КАРТОФЕЛЯ ОТ РАЗЛИЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЕМОМ**

### **РЕЗЮМЕ**

*В статье приведены результаты исследований по влиянию технологических приемов выращивания сортов картофеля на биохимический состав клубней и их продуктивность. Установлено, что минеральные и органические удобрения увеличивают содержание нитратов в клубнях картофеля исследуемых сортов, а препарат «Экосил» снижает. Максимальную урожайность изучаемые сорта картофеля накопили при внесении минеральных удобрений в дозе  $N_{120}P_{60}K_{180}$  на фоне 40 т/га органических удобрений с применением биопрепарата «Экосил», и она составила по сорту Бриз 50,1–55,0 т/га и сорту Скарб – 47,4–52,1 т/га. Эффективны приемы проращивания и применения биопрепарата «Экосил», которые повышают урожайность и выход товарной продукции.*

*Ключевые слова:* картофель, сорт, урожайность, структура, проращивание, регуляторы роста, минеральные удобрения, Беларусь.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Выращивание картофеля по целевому использованию (специализированное) до настоящего времени в Беларуси осуществляется выборочно, хотя картофель необходим для продовольственных целей – столовый, продовольственный, для переработки на картофелепродукты (хрустящий картофель, чипсы, картофель фри, сушеный картофель, сухое картофельное пюре), на технические цели (крахмал, производство депрессора). В последние годы в общественном секторе республики картофеля производится от 588,0 (2002 г.) до 1050,0 тыс. т (2010 г.), в стабилизационный фонд закладывается 50–60 тыс. т, на переработку поступает около 250 тыс. т, на экспорт – около 250 тыс. т. По-прежнему возникает острая потребность в специализированном выращивании картофеля по целевому назначению в крупнотоварных хозяйствах республики.

Из элементов сортовой агротехники наиболее сильное влияние на урожайность и качество клубней оказывают органические и минеральные удобрения. Эффективность минеральных удобрений зависит от многих условий, в том числе почвенного плодородия, количества вносимых органических удобрений, уровня

агротехники, биологических особенностей сорта [4, 5, 6, 8]. В последнее время широко применяются микроудобрения, которые позволяют на 20 % повысить окупаемость минеральных удобрений, а также способствуют снижению стрессового действия пестицидов и улучшению качества получаемой продукции [3, 7].

Проращивание клубней с использованием температурного и светового фактора является эффективным приемом, ускоряющим клубнеобразование, обеспечивающим повышение урожая картофеля, и проводится главным образом для получения продукции в максимально ранние сроки. Эффективность проращивания зависит от сорта (но не скороспелости его), возраста клубня (старые прорастают быстрее, чем более молодые), его размера (крупные прорастают быстрее и дают большее количество ростков) [1, 2].

Цель исследований: разработать и усовершенствовать технологии производства картофеля различного целевого назначения с урожайностью товарной фракции клубней не менее 45,0 т/га.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Исследования выполнялись в специализированных севооборотах РУП «Гомельская областная сельскохозяйственная опытная станция» НАН Беларуси в 2011–2013 гг. Почва дерново-подзолистая супесчаная развивающаяся на рыхлой супеси, подстилаемой связным песком, а с глубины 120–130 см – мореным суглинком. Содержание микроэлементов: рН (KCl) – 5,05, подвижные формы  $P_2O_5$  и  $K_2O$  (по Кирсанову) – 365 и 105; Ca – 1033; Mg – 245; B – 0,38; Cu – 1,63; Zn – 1,8 мг на 1 кг почвы;  $Cs^{137}$  – 5,2;  $Sr^{90}$  – 0,09 Ки/км<sup>2</sup>; гумус – 2,17 %. Предшественник – озимые зерновые.

Объектом исследований служили белорусские сорта картофеля среднеранний Бриз и среднеспелый Скарб, регулятор роста «Экосил», минеральные удобрения. В качестве минеральных удобрений применяли стандартные формы минеральных удобрений карбамит ( $N_{40}$ ), суперфосфат аммонизированный ( $N_8P_{30}$ ), хлористый калий ( $K_{60}$ ). Для некорневых подкормок использовали: Экосил, регулятор роста с фунгицидными свойствами, действующим веществом которого является комплекс тритерпеновых кислот, экстрагируемых из хвои пихты сибирской. Препаративная форма биопрепарата «Экосил» – 5,0 % – водная эмульсия, производство Беларусь.

Полевой трехфакторный опыт был заложен по следующей схеме:

### Фактор сорт А:

1. Бриз;
2. Скарб.

### Фактор В подготовка семенного материала к посадке:

1. Пророщенный семенной материал;
2. Непророщенный семенной материал.

### Фактор С, дозы удобрений:

1. Контроль – без удобрений;
2. 40 т/га органических удобрений – фон;

3. Фон +  $N_{90}P_{60}K_{150}$  (с учетом плодородия почвы программируемая урожайность 50 т/га);

4. Фон +  $N_{90}P_{60}K_{150}$  (с учетом плодородия почвы программируемая урожайность 50 т/га) + некорневые подкормки с микроэлементами двукратно (Экосил);

5. Фон +  $N_{120}P_{90}K_{150}$  (с учетом плодородия почвы программируемая урожайность 60 т/га);

6. Фон +  $N_{120}P_{90}K_{180}$  (с учетом плодородия почвы программируемая урожайность 60 т/га) + некорневые подкормки с микроэлементами двукратно (Экосил).

Проведены следующие агротехнические мероприятия по выращиванию картофеля: внесение гербицида сплошного действия Торнадо (4,0 л/га), органические удобрения (полуперепревший навоз), зяблевая вспашка, закрытие влаги, внесение минеральных удобрений (согласно схеме опыта), чизелевание в два следа, нарезка гребней. Посадку картофеля проводили клоновой сажалкой СН-4БК на глубину 8 см, с густотой 55 тыс. кл/га, использовали клубни величиной 50–55 мм. Перед посадкой клубни исследуемых сортов (Бриз, Скарб) проращивали в течение месяца на свету при температуре +15...+18 °С. Уход в течение вегетации состоял: до появления всходов – одна междурядная обработка КОН-2,8 с трехъярусными стрельчатыми лапами, ротационными рыхлителями и подпружиненными боронками. Обработка посадок Зенкором ультра (1,2 л/га до всходов). Первая обработка против колорадского жука, фитофтороза и альтернариоза – Визард (0,06 кг/га) + Ридомил голд МЦ (2,5 кг/га), вторая обработка – Визард (0,06 кг/га) + Метоксил (2,5 кг/га), третья и четвертая – Дитан Нео Тек (1,6 кг/га). Обработки регулятором роста «Экосил» согласно схеме опыта.

Погодные условия в годы проведения исследований различались как по температурному режиму, так и по количеству выпавших осадков, это позволило сделать вывод о влиянии факторов на продуктивность и качество картофеля.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Во все годы исследований эффективность удобрений была высокой, эффективно использовалось и почвенное плодородие. Сорт Скарб в варианте без применения удобрений в среднем за три года сформировал урожайность 17,7–19,6 т/га, а сорт Бриз – 17,5–19,4 т/га. Прибавка от применения органических удобрений получена по сорту Бриз 10,1–10,5 т/га, а у сорта Скарб 8,8–9,5 т/га, эффективность от проращивания составила 1,5 и 2,6 т/га соответственно. Максимальную урожайность исследуемые сорта накопили при внесении минеральных удобрений в дозе  $N_{120}P_{60}K_{180}$  на фоне 40 т/га органических удобрений с применением биопрепарата «Экосил», которая составила по сортам: Бриз – 50,1–55,0 т/га и Скарб – 47,4–52,1 т/га. Эффективность от приема проращивание установлена по двум сортам, прибавка урожая получена по сорту Скарб – 4,7 т/га и Бриз – 4,9 т/га.

Биохимические характеристики клубней определяются в основном генотипом сорта, однако условия возделывания, дозы и соотношение удобрений, применение различных препаратов могут в значительной степени изменить их количество, от которого зависит не только вкус клубней, но и качество продуктов переработки, изготовленных из него. У исследуемых сортов Бриз и Скарб, независимо от того, картофель проращивали или нет, снижается содержание крахмала (на 0,2–3,2 %) и сухого вещества (на 0,1–3,2 %) от применения органических и от увеличения доз минеральных удобрений, а также от внесения биопрепарата «Экосил» в зависимости от сорта и варианта (табл.).

Нитраты относятся к небелковым азотистым веществам. Накопление нитратов, не использованных в биосинтезе органических соединений до токсических уровней, зависит от биологических особенностей сорта, почвы, погодных условий, а также от внесения удобрений и других агротехнических приемов. Исследуемые сорта различались по концентрации нитратов в клубнях и их накоплению. Применение минеральных и органических удобрений увеличивает содержание нитратов в клубнях картофеля исследуемых сортов, а препарат «Экосил» снижает. Однако их содержание было ниже ПДК (150 мг/кг) по всем вариантам опыта и составляло от 92,9 до 138,7 мг/кг.

Клубни картофеля являются источником витамина С в рационе питания человека. Содержание его в клубнях картофеля зависит от биологических особенностей сорта, и оно изменяется в процессе вегетации растений. В целом по опыту содержание витамина С в клубнях двух изучаемых сортов составило от 19,3 до 24,7 мг%. Содержание витамина С в клубнях снижается от применения всех технологических приемов (удобрение, биопрепарат «Экосил»).

Весьма существенным качественным показателем, характеризующим вкус картофеля, является содержание в клубнях редуцирующих сахаров. По мере роста и созревания клубней снижается количество редуцирующих сахаров, так как из них происходит синтез крахмала. Содержание редуцирующих сахаров по исследуемым сортам составило 0,24–0,33 и 1,08–1,20 %. Выше оно было у сорта Бриз по всем вариантам. Такой технологический прием, как проращивание картофеля, у сорта Бриз привел к уменьшению редуцирующих сахаров в клубнях на 0,01–0,09 %. Редуцирующие сахара находились на уровне контроля у сорта Скарб по всем исследуемым вариантам.

Сорта, выращенные в одинаковых условиях, сохраняют определенную способность к накоплению белка. По количеству накапливаемого белка они могут быть разделены на три группы: относительно высокобелковые, со средним количеством белка, низкобелковые. Сорта Бриз и Скарб в среднем за три года накопили низкое количество белка (0,88–1,01 %), поэтому они могут относиться к группе низкобелковых сортов.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сравнивая продуктивность исследуемых сортов между собой, можно отметить, что сорт Бриз был более продуктивным, в среднем урожайность за

Таблица – Влияние удобрений и биопрепарата «Экосил» на биохимический состав клубней картофеля урожая 2011–2013 гг.

Семенной материал	Вариант		Сухое вещество, %	Крахмал, %	Суммарный белок, %	Редуцирующие сахара, %	Витамин С, мг/%	Нитраты, мг/кг
	Дозы и соотношение удобрений (фактор Б)							
<b>Бриз</b>								
Непророщенный картофель	Контроль		20,5	14,8	0,95	1,15	24,6	67,6
	Фон 40 т/га органических удобрений		19,7	13,9	1,00	1,17	22,3	92,9
	40 т/га + N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>150</sub>		19,6	13,9	0,98	1,10	23,3	103,5
	40 т/га + N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>150</sub> + Экосил		19,6	13,1	0,99	1,18	20,4	101,6
	40 т/га + N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>180</sub>		19,1	13,4	0,99	1,20	21,9	127,7
	40 т/га + N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>180</sub> + Экосил		17,9	12,1	1,01	1,17	23,3	110,7
Пророщенный картофель	Контроль		20,9	15,2	0,94	1,14	21,8	68,1
	Фон 40 т/га органических удобрений		20,4	14,6	0,96	1,13	19,6	98,2
	40 т/га + N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>150</sub>		19,3	13,6	0,97	1,08	20,9	101,6
	40 т/га + N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>150</sub> + Экосил		19,0	13,3	1,01	1,15	19,3	102,5
	40 т/га + N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>180</sub>		18,9	13,1	1,00	1,11	21,6	114,1
	40 т/га + N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>180</sub> + Экосил		17,7	12,0	0,99	1,16	19,9	108,7
<b>Скарб</b>								
Непророщенный картофель	Контроль		21,1	15,3	0,88	0,25	23,9	68,8
	Фон 40 т/га органических удобрений		20,7	14,9	0,92	0,29	23,8	103,5
	40 т/га + N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>150</sub>		19,6	13,9	0,91	0,27	21,6	123,1
	40 т/га + N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>150</sub> + Экосил		18,9	13,1	0,91	0,31	20,7	109,8
	40 т/га + N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>180</sub>		18,3	12,6	0,94	0,28	19,8	138,7
	40 т/га + N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>180</sub> + Экосил		18,1	12,3	0,90	0,26	21,4	112,6
Пророщенный картофель	Контроль		20,6	14,9	0,90	0,24	24,7	76,5
	Фон 40 т/га органических удобрений		20,5	14,7	0,89	0,33	23,6	96,4
	40 т/га + N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>150</sub>		20,0	14,2	0,93	0,29	22,2	116,5
	40 т/га + N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>150</sub> + Экосил		19,8	14,0	0,93	0,30	22,5	100,9
	40 т/га + N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>180</sub>		18,6	12,9	0,89	0,24	19,6	128,8
	40 т/га + N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>180</sub> + Экосил		19,7	14,0	0,91	0,26	21,1	108,6

три года составила 40,2 т/га, а у сорта Скарб – 38,7 т/га. Максимальная урожайность по сортам: Бриз – 55,0 т/га и Скарб – 52,1 т/га при внесении минеральных удобрений в дозе  $N_{120}P_{60}K_{180}$  на фоне 40 т/га органических удобрений с применением биопрепарата «Экосил» при проращивании. Применение различных доз минеральных удобрений увеличило урожайность от 24,0 до 32,6 т/га по сорту Бриз и от 24,7 до 32,5 т/га по сорту Скарб.

Внекорневые обработки биопрепаратом «Экосил» обеспечили прибавку урожая по сортам: Бриз от 1,9 до 2,8 т/га и Скарб – от 1,6 до 2,4 т/га. Исследуемые сорта положительно реагировали на проращивание, от этого технологического приема урожайность повысилась от 1,9 до 6,4 т/га по сорту Бриз и от 1,9 до 5,1 т/га по сорту Скарб в зависимости от применяемых доз минеральных удобрений на фоне 40 т/га органических удобрений.

Применение минеральных и органических удобрений, увеличивает содержание нитратов в клубнях картофеля исследуемых сортов, препарат «Экосил» снижает. Однако их содержание было ниже ПДК (150 мг/кг) по всем вариантам опыта и составило от 92,9 до 138,7 мг/кг.

Независимо от того клубни сортов Бриз и Скарб проращивали или нет, от применения органических и увеличения доз минеральных удобрений, а также внесения биопрепарата «Экосил» в зависимости от сорта и варианта снижается содержание крахмала (на 0,2–3,2 %), сухого вещества (на 0,1–3,2 %) и витамина С (на 4,3–4,7 мг%).

Такой технологический прием, как проращивание картофеля, у сорта Бриз привело к уменьшению редуцирующих сахаров в клубнях на 0,01–0,09 %.

#### Список литературы

1. Русецкий, С.В. Влияние проращивания посадочного материала, укрытие посадок спанбондом, регуляторов роста растений на урожайность и качество раннего картофеля / С.В. Русецкий, Д.Д. Фицура // Картофелеводство: сб. науч. тр. / РУП «Науч.-прак. центр НАНБ по картофелеводству и плодоовощеводству»; редкол.: В.Г. Иванюк [и др.]. – Минск, 2008. – Т. 15. – С. 185–193.
2. Дмитриева, З.А. Как вырастить высококачественный столовый картофель / З.А. Дмитриева. – Минск: Ураджай, 1983. – С. 30.
3. Корзун, О.С. О специфичности реакции раннеспелых сортов картофеля на обработку росторегулирующими препаратами / О.С. Корзун, И.Д. Самусик // Материалы Междунар. юбил. науч.-прак. конф., посвящ. 75-летию Ин-та картофелеводства НАН Беларуси, Самохваловичи, 7–10 июля 2003 г. / Ин-т картофелеводства НАН Беларуси; редкол.: С.А. Банадысев [и др.]. – Минск: Мерлит, 2003. – Ч. 1. – С. 273–277.
4. Курейчик, Н.А. Влияние доз азотных удобрений, протравливания и проращивания клубней на эффективность возделывания сортов картофеля / Н.А. Курейчик, Ф.И. Дехтеревич // Картофелеводство: сб. науч. тр. / БелНИИ картофелеводства; редкол.: С.А. Банадысев [и др.]. – Минск: Мерлит, 2002. – Вып. 11. – С. 265–270.

5. Фицуру, Д.Д. Продуктивность и качество сортов картофеля, пригодных для промышленной переработки, в зависимости от доз удобрений и гранулометрического состава почв: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.09 / Д.Д. Фицуру; Белорус. гос. с.-х. академ. – Горки, 2007. – 20 с.

6. Сидоренко, Т.Н. Влияние удобрений на урожайность, морфологические и биохимические показатели качества новых сортов картофеля при возделывании на дерново-подзолистой супесчаной почве: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.09 / Т.Н. Сидоренко; Белорус. гос. с.-х. академ. – Горки, 2006. – 20 с.

7. Турко, С.А. Картофельному полю – биоэнергетические технологии / С.А. Турко [и др.] // Картофелеводство: сб. науч. тр. / РУП «Науч.-практ. центр НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству»; редкол.: В.Г. Иванюк [и др.]. – Минск, 2008. – Т. 15. – С. 222–230.

8. Фицуру, Д.Д. Влияние доз удобрений и некорневых подкормок с микроэлементами на урожайность и содержание крахмала в клубнях сортов картофеля / Д.Д. Фицуру, Г.И. Пискун // Картофелеводство: сб. науч. тр. / РУП «Науч.-практ. центр НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству»; редкол.: В.Г. Иванюк [и др.]. – Минск, 2008. – Т. 15. – С. 255–264.

Поступила в редакцию 05.11.2015 г.

T.N. SIDORENKO, L.G. TIHONOVA

## CHANGES IN BIOCHEMICAL PARAMETERS IN POTATO TUBERS FROM THE VARIOUS PROCESSING METHODS

### SUMMARY

*The research results on influence of technological methods of cultivation of potato varieties on the biochemical composition of tubers and their productivity are presented in the article. Mineral and organic fertilizer increase the nitrate content in tubers of the varieties studied but the drug «Ecosil» – decreases. The maximum yield of the studied potato varieties has gained in the application of mineral fertilizers in the dose  $N_{120}P_{60}K_{180}$  on the background of 40 t/ha of organic fertilizer with the use of BIO product «Ecosil» and it was sort of Breeze – 50.1–55.0 t/ha and grade Skarb – 47.4–52.1 t/ha. Effective methods of germination and use of BIO product «Ecosil» increase the yield of marketable products.*

*Key words:* potato, variety, yield, structure, germination, growth regulators, fertilizers, Belarus.

УДК 635.21:631.526.32:631.53

**Л.В. Тымко, Я.Б. Демкович, А.О. Рожнятовский**

Институт картофелеводства Национальной академии аграрных наук Украины, пгт. Немешаево, Бородянский район, Украина

E-mail: upri@visti.com., demkovichyar@ukr.net

**СЕМЕННАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ СОРТОВ КАРТОФЕЛЯ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СРОКАХ УДАЛЕНИЯ БОТВЫ В УСЛОВИЯХ ПРАВОБЕРЕЖНОГО ПОЛЕСЬЯ УКРАИНЫ****РЕЗЮМЕ**

*Изложены результаты исследований относительно определения семенной товарности урожая картофеля сортов Полесского опытного отделения Института картофелеводства Национальной академии аграрных наук Украины в зависимости от сроков удаления ботвы. Установлена наибольшая семенная товарность урожая при удалении ботвы через 15 дней после цветения у сортов Сантарка, Тирас, Завия, Партнер, Летана, а у сортов Звиздаль и Полесский юбилейный – в начале отмирания ботвы. Существенное влияние на наличие клубней семенной фракции в урожае при раннем удалении ботвы, их общее количество под кустом оказывают погодные условия.*

*Ключевые слова:* картофель, сорт, спелость, ботва, семенная продуктивность, погодные условия, болезни.

**ВВЕДЕНИЕ**

Удаление ботвы на семеноводческих посевах проводится с целью ограничения проникновения инфекции в клубневое потомство и повышения выхода семенной фракции клубней с одновременным улучшением их качества. При определении сроков удаления ботвы учитывают особенности сорта в формировании урожая семенных клубней, наличие насекомых – переносчиков вирусной инфекции, фитосанитарные и погодные условия зоны выращивания.

Раннее удаление ботвы и уборка клубней препятствуют проникновению в клубни вирусной инфекции и стеблевой нематоды, снижают поражаемость их фитофторозом, ризоктонией, паршой. В сочетании с проращиванием клубней и неглубокой посадкой в оптимальные сроки удаление ботвы обеспечивает выращивание здорового стандартного семенного материала картофеля [1].

Промедление с удалением ботвы приводит к нарастанию пораженности МВК, СВК, ХВК вирусами в 3–4 раза в зависимости от сорта и категории семенного материала, и в первую очередь это касается неустойчивых сортов [2, 3].

При выращивании семенного картофеля, если не проводится своевременное предварительное удаление ботвы и уборка, наблюдается неравномерное

состояние спелости клубней, снижение лежкости, есть опасность поздних инфекций фитофтороза и увеличения пораженности ризоктониозом. Необходимо учитывать, что при уборке крупные клубни также больше повреждаются, чем более мелкие. Если же уборка проводится очень рано, наблюдается существенное снижение урожайности [4].

Срок удаления ботвы является также важным фактором относительно получения посадочных клубней определенного физиологического состояния.

Используя физиологическое состояние посадочных клубней, даже одинаковой массы, можно существенно изменять число проросших ростовых почек, главных стеблей, столонов и, как результат, количество новых клубней, в частности относительно их размера [5].

Физиологически молодые клубни имеют более длительный период покоя, чем крупные, если последние завязались и были выкопаны приблизительно одновременно с более мелкими. На таких клубнях прорастают все почки, соответственно возрастает количество стеблей [6].

Не совсем зрелые клубни, что наблюдается при раннем удалении ботвы, характеризуются лучшими семенными качествами, и растения от таких клубней более урожайные за счет их повышенной жизнедеятельности [7, 8].

Установлено, что полученные при ранней уборке мелкие клубни являются более полноценным семенным материалом, если обеспечивается соответствующая густота насаждений. При этом у сортов с полевой устойчивостью к вирусной инфекции при многократном пересеве посадочных клубней менее 30 мм количество здоровых растений в посевах существенно не снижается. В то же время у толерантного сорта весь фракционный состав клубней равнозначен относительно поражения их вирусными болезнями [9,10].

Вместе с тем количество семенных клубней относительно их размера в значительной мере зависит от биологических свойств сорта, учитывая значительное их различие в формировании биоэнергетической ценности клубней, в частности относительного количества аккумулированной энергии.

Как правило, аккумулирование энергии происходит в первые 75 дней вегетации, а наиболее интенсивно (66,5–87, 8 % в зависимости от сорта) – в первые 55 дней вегетации [11].

На выращивание семенного картофеля существенно влияют климатические условия. В последнее время наблюдаются повышение температуры и продолжительные засухи во время вегетации растений. Ожидается, что ультрафиолетовое излучение за счет уменьшения озонового слоя будет возрастать, вместе с тем снизится влажность воздуха. Вредоносные насекомые станут более распространенными и, как следствие, возрастет опасность перезаражения вирусами, которые передаются тлями, а также увеличится распространение бактерий [12].

Учитывая вышеизложенное, актуальным в высокорентабельном картофелеводстве является производство значительного количества высокопродуктивного семенного материала сортов отечественной селекции в природно-климатических

и фитосанитарных условиях, которые наблюдаются в последние годы, в правобережном Полесье Украины.

С целью выполнения поставленного задания и были проведены исследования, направленные на увеличение в урожае количества клубней семенной фракции относительно сорта для решения проблемы интенсификации семеноводческого процесса, прежде всего используя новые сорта, включенные в государственный реестр.

## МЕТОДИКА И МАТЕРИАЛЫ

В исследованиях использовали сорта картофеля Полесского опытного отделения Института картофелеводства Национальной академии аграрных наук Украины: раннеспелые – Сантарка, Тирас; среднеранние – Завия, Партнер; среднеспелые – Звиздаль, Летана; среднепоздний – Полесский юбилейный.

Исследования проводили в 2011–2014 гг. на Полесском опытном отделении Института картофелеводства НААН Украины.

Почва опытной делянки дерново-слабоподзолистая глинисто-песчаная. По агрохимической характеристике содержание гумуса составляет 0,9–1,0 %, общего азота – 0,02–0,025 %, общего фосфора – 0,03 %, гидролитическая кислотность – 1,85–2,4 мг-экв/100 г почвы, рН солевое – 4,8–5,0, степень насыщения основаниями – около 40 %, содержание подвижных форм фосфора – 2,3 мг-экв/100 г почвы, калия – 1,5–2,0 мг-экв/100 г почвы.

На опытной делянке запахивали сидерат – озимую рожь + N<sub>20</sub>. Во время посадки вносили в рядки нитроаммофоску и аммиачную селитру – 1 ц в подкормку по всходах картофеля. Технология выращивания, семеноводческие мероприятия общепринятые для семеноводческих посадок данной зоны.

Определения и наблюдения в процессе исследований проводили, руководствуясь методическими рекомендациями относительно проведения исследований с картофелем.

Удаление ботвы согласно схеме опыта проводили вручную путем скашивания. При ранних сроках удаления ботвы определяли урожай и структурный состав клубней согласно ГСТУ 4014-2001, а также пораженность клубней болезнями.

Метеорологические условия в годы проведения исследования несколько отличались между собой. Так, в июне и июле выпало осадков: в 2011 г. – 248 мм; 2012 г. – 132,7; 2013 г. – 177,8; в 2014 г. – 171,6 мм, в августе – 26,9; 141,7; 2,0 и 4,2 мм соответственно.

Среднемесячная температура воздуха (°C) составляла: в мае – в 2011 г. – 15,3; 2012 г. – 17,5; 2013 г. – 18,0; в 2014 г. – 16,5; в июне и июле – 19,9; 19,5; 20,5 и 17,3 соответственно; в августе – 18,5; 19,3; 18,6 и 20,0 соответственно.

Соответственно наиболее благоприятным для клубнеобразования оказался 2011 г. В 2012 г. наименьше количество осадков выпало в июне и июле, в августе наблюдались обильные осадки.

Среднемесячная температура воздуха за вегетационный период существенно не отличалась от среднелетней.

**РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Согласно фенологическим наблюдениям в течение вегетации не установлено определенных особенностей в прохождении фенофаз развития растений относительно сорта, всхожесть у всех сортов составляла 92–98 %.

При определении состава урожая установлено, что его семенная товарность, а именно количество клубней размером 28–60 мм, отличалась как относительно сорта, так и срока удаления ботвы и года выращивания.

Так, в годы исследований наивысший выход клубней семенной фракции у сортов Сантарка, Тирас, Завия, Партнер, Звиздаль и Полесский юбилейный установлен в 2012 г. при удалении ботвы через 15 дней цветения – получено 52,5–57,3 % семенной фракции. В то же время при удалении ботвы в начале ее отмирания – 46,4–52,6 %, полного отмирания – 40–55,4 % семенной фракции.

У среднеспелого сорта Летана наивысший выход клубней семенной фракции (56,9 %) в 2012 г. установлен при удалении ботвы в начале ее отмирания.

Наименьшая семенная продуктивность во все сроки удаления ботвы у сортов наблюдалась в 2014 г. и составляла через 15 дней после цветения 21,8–47,7 %, в начале отмирания ботвы – 14,2–49,7 %, при полном отмирании ботвы – 17,6–35,5 %. В то же время выход клубней семенной фракции у сортов Сантарка, Завия, Партнер при удалении ботвы через 15 дней после цветения составлял соответственно 47,7 %, 47,5 и 43,7 %. Наименьшая семенная товарность при первом и втором сроке удаления ботвы установлена у среднеспелого сорта Полесский юбилейный – 21,8 %, 14,2 и 29,9 % соответственно, что связано практически с незначительными осадками в третьей декаде июня (2 мм), первой (13,7 мм) и второй (4,2 мм) декадах июля и отсутствием осадков в первой и второй декадах сентября. Наоборот, в 2013 г. достаточное количество осадков в третьей декаде июня (87,2 мм) способствовало накоплению достаточного количества клубней семенной фракции. Семенная товарность урожая составляла через 15 дней после цветения 52,6 %, в начале отмирания ботвы – 51,6 %, при полном отмирании ботвы – 47,0 %.

В 2011 г. наивысший выход клубней семенной фракции установлен у сортов Звиздаль при уборке через 15 дней после цветения и при полном отмирании ботвы (53,8 %), у сортов Тирас и Завия (53,8 %) – при полном отмирании ботвы.

В 2013 г. у всех сортов наибольшее количество семенных клубней установлено при удалении ботвы через 15 дней после цветения (49,3–54,6 %), а при ее удалении в начале отмирания – 45,4–52,9 %, при полном отмирании ботвы – 44,6–49,5 %.

В 2014 г. наивысшая семенная продуктивность через 15 дней после цветения установлена у сортов Сантарка (47,7 %), Завия (47,5), Партнер (43,7 %), в начале отмирания ботвы – у сортов Завия (49,7 %), Звиздаль (45,7), Тирас (39) и Партнер (32,8 %); при полном отмирании ботвы у сортов – Тирас (39,2 %), Летана (35,5) и Завия (32,8 %).

Наибольшей реакцией на семенную продуктивность относительно года выращивания и сроков удаления ботвы отличаются ранний сорт Тирас и среднепоздний Полесский юбилейный. В первую очередь это относится к первым двум срокам удаления ботвы. Так, в наиболее неблагоприятном относительно равномерности осадков 2014 г. наименьший выход клубней семенной фракции при удалении ботвы через 15 дней после цветения составлял по сорту Тирас (22,8 %), по сорту Полесский юбилейный (21,8) по сравнению с ранним сортом Сантарка (47,7 %) и среднеранними сортами Завия (47,5), Партнер (43,7), среднеспелыми Летана (33,8) и Звиздаль (33,8 %).

При удалении ботвы в начале ее отмирания показатель семенной товарности урожая составлял по сорту Полесский юбилейный 14,2 %, по другим испытываемым сортам – 26,9–49,7 %.

В сравнении с сортами разных групп спелости наибольшая семенная товарность урожая установлена у сорта Тирас в 2012 г. – 57,0 % при удалении ботвы через 15 дней после цветения.

Среди среднеспелых сортов наибольшая семенная товарность урожая установлена у сорта Звиздаль в 2012 и 2013 гг. при удалении ботвы через 15 дней после цветения – 57,3 и 54,6 % соответственно.

У среднепозднего сорта Полесский юбилейный наибольшая семенная товарность урожая установлена в 2011–2013 гг. при удалении ботвы через 15 дней после цветения – 52,7 %, 53,6 и 52,6 %, соответственно, в то же время при удалении ботвы при полном ее отмирании этот показатель составлял 47,1 %, 44,9 и 47,0 % соответственно.

Установлено, что для ранних сортов Сантарка и Тирас существенное влияние на семенную товарность урожая оказывает год выращивания, а не срок удаления ботвы (табл.).

Поражение клубней картофеля болезнями зависело от срока удаления ботвы и особенностей сорта противостоять фитопатогенам в годы испытаний.

Так, пораженность клубней паршой обыкновенной наблюдалась на сортах Тирас, Завия, Партнер, Летана, Полесский юбилейный через 15 дней после цветения. На клубнях сортов Сантарка, Звиздаль болезнь установлена в начале отмирания ботвы. В наибольшей мере эта болезнь проявляется при полном отмирании ботвы, в несколько меньшей мере касается среднепозднего сорта Полесский юбилейный.

Пораженность клубней паршой обыкновенной в начале отмирания ботвы составляла от 1 до 6 %, при полном отмирании ботвы – 1–9 %.

Наибольшая пораженность клубней этой болезнью характерна для сортов Тирас (3–9 %), Летана (2–7), Партнер (2–8), Сантарка (1–8 %).

Пораженность клубней ризоктониозом составляла у сорта Полесский юбилейный 4–6 %, Летана – 2–8, Завия 2–4 %.

Наибольшая пораженность клубней ржавчиной установлена в начале отмирания ботвы у сортов Летана и Полесский юбилейный (4–6 %), Звиздаль (2–3), при полном отмирании ботвы – у сорта Партнер (2–5 %).

Таблица – Семенная товарность урожая сортов картофеля при разных сроках удаления ботвы

Сорт	Выход клубней семенной фракции в урожае, %											
	Через 15 дней после цветения				В начале отмирания				При полном отмирании			
	Год											
	2011	2012	2013	2014	2011	2012	2013	2014	2011	2012	2013	2014
<b>Раннеспелый</b>												
Сантарка	43,7	57,0	49,4	47,7	48,2	49,6	50,2	29,6	49,8	44,6	47,3	27,9
Тирас	46,3	53,2	49,4	22,8	49,6	47,3	50,0	34,0	53,8	45,1	48,7	39,2
<b>Среднеранний</b>												
Завия	48,7	52,5	51,0	47,5	48,9	52,3	53,8	49,7	53,8	40,0	49,5	32,8
Партнер	49,8	53,7	50,3	43,7	45,4	46,4	45,1	32,8	47,5	49,4	47,4	17,6
<b>Среднеспелый</b>												
Звиздаль	53,8	57,3	54,6	31,1	49,2	52,6	50,3	45,7	47,3	55,4	49,1	27,3
Летана	48,5	48,2	49,3	33,8	52,5	56,9	51,4	26,9	44,9	48,7	44,6	35,5
<b>Среднепоздний</b>												
Полесский юбилейный	52,7	53,6	52,6	21,8	48,8	47,5	51,6	14,2	47,1	44,9	47,0	29,9

Дуплистость выявлена у раннего сорта Сантарка в начале отмирания ботвы (1–2 %) и полном ее отмирании (1,0 %); среднеспелых Звиздаль и Летана – как в начале отмирания ботвы (1–2 %), так и при ее полном отмирании (1,0 %) в 2012 г. У сортов Завия, Партнер и Полесский юбилейный клубней с ржавостью не установлено.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Важными факторами семенной товарности урожая картофеля являются срок удаления ботвы и сорт, в частности его способность к клубнеобразованию, а также год выращивания. Также установлено влияние погодных условий на образование значительного количества клубней под кустом.

Стабильно высокий в годы исследований показатель семенной товарности урожая установлен при удалении ботвы через 15 дней после цветения картофеля у ранних сортов Сантарка, Тирас; среднеранних Завия, Партнер, среднеспелых Летана, Звиздаль; у среднепозднего Полесский юбилейный – в начале отмирания ботвы.

Семенная товарность урожая, а именно масса и количество семенных клубней, составляла для среднераннего сорта Звиздаль 53,8–57,3 %, среднепозднего Полесский юбилейный – 52,6–53,6 %, раннего Сантарка – 49,4–57,0, среднераннего Партнер – 49,8–53,7; при удалении ботвы в начале ее отмирания – среднеспелого сорта Летана – 51,4–56,9 и среднераннего Завия – 48,9–52,9 %.

В наибольшей степени парша обыкновенная проявлялась на клубнях при полном отмирании ботвы и была свойственна для сортов Тирас, Летана, Партнер.

Повреждение клубней ризоктониозом наблюдалось на всех этапах удаления ботвы, наибольшее – при полном ее отмирании на сортах Летана, Полесский юбилейный, Завия. Ржавость клубней установлена в начале отмирания ботвы у клубней сортов Летана, Полесский юбилейный, Звиздаль, при полном ее отмирании – у сорта Партнер. Клубней с дуплистостью не установлено у сортов Завия, Партнер и Полесский юбилейный.

Определение сроков удаления ботвы в семеноводческих посадках с целью определения оптимальной семенной товарности урожая у различных новых сортов в данной почвенно-климатической зоне обеспечит получение максимального количества высококачественных посадочных клубней как основного фактора инновационного развития семеноводства в условиях правобережного Полесья Украины.

#### Список литературы

1. Бульба: Энциклопедический справочник по выращиванию, хранению, переработке и использованию картофеля / редкол: И.П. Шамякин (гл. ред.) и др. – Минск: Белорусская советская энциклопедия, 1988. – 573 с.
2. Уромова, И.П. Срок удаления ботвы семенного картофеля влияет на зараженность клубней / И.П. Уромова // Картофель и овощи, 2009. – № 7. – С. 22.
3. Нестерова, О.А. Влияние сроков удаления ботвы и защитных мероприятий на качество семенного картофеля / О.А. Нестерова, А.И. Усков // Картофелеводство: результаты исследований, инновации, практический опыт. Рос. акад. с.-х. наук ВНИИКХ. – М., 2008. – Т. 1. – С. 369–376.
4. Картопля / Д. Шпаар [та ин.]. – Київ, 2006. – 500 с.
5. Физиология сельскохозяйственных растений / Физиология картофеля и корнеплодов. – М.: Изд-во Московского ун-та, 1971. – Т. XII. – 372 с.
6. Физиология картофеля / П.И. Альсьмик [и др.]. – М.: Колос, 1979. – 270 с.
7. Дорожкин, Н.А. Картофель / Н.А. Дорожкин. – Минск: Ураджай, 1972. – 273 с.
8. Кучко, А.А. Фізіологія і біохімія картоплі / А.А. Кучко, М.В. Власенко, В.М. Мицько. – Київ: Довіра, 1998. – 335 с.
9. Рязанцев, В.Б. Насінневі якості та продуктивність різних за розміром садивних бульб оздоровленої картоплі / В.Б. Рязанцев, Ю.Я. Верменко // Картоплярство України, 2006. – № 1 (5). – С. 10–14.
10. Верменко, Ю.Я. Ефективність застосування міні бульб в насінництві картоплі / Ю.Я. Верменко, О.М. Андрушко // Вісник Львівського державного аграрного університету: економіка АПК, 1999. – № 5. – С. 153–156.
11. Колтунов, В.А. Деякі аспекти вивчення біоенергетичної ефективності виробництва і зберігання картоплі / В.А. Колтунов, Н.И. Войцешина // Картоплярство. – Київ: Аграрна наука, 2008. – Вип. 37. – С. 122–138.
12. Старовойтов, В.И. Технология производства картофеля с учетом глобальных изменений климата / В.И. Старовойтов // Перспективы инновационного

развития картофелеводства: материалы науч.-практ. конф. – Чебоксары: КУП «Агро-Инновации», 2009. – С. 33–35.

Поступила в редакцию 09.11.2015 г.

L. V. TYMKO, YA. B. DEMKOVICH, A. O. ROZHNYATOVSKIY

**SEED PRODUCTIVITY OF POTATO VARIETIES AT DIFFERENT TERMS OF DEFOLIATION AT CONDITIONS OF UKRAINIAN RIGHT-BANK POLESYE**

**SUMMARY**

*The research results of potato varieties of the Polesye Research Centre of the Institute for Potato Research of the Ukrainian National Academy of Agricultural Sciences at different terms of defoliation of potato varieties with different yield terms are described. It is established that the highest market value of seed potato yield is achieved for the potato varieties Santarka, Tiras, Zavia, Partner, Letana in case of defoliation at 15 days after flowering for the potato varieties Zvizdal and Polesyae jubilee in case of defoliation at the start of natural foliage desiccation. The specific conditions of growth are the important factor of presence of tubers seed fraction in the yield, especially for presence of significant number of tubers under the stem.*

*Key words:* potato, variety, ripeness, foliage, seed productivity, meteorological conditions, diseases.

УДК 635.21:631:559:631.816.1:631.43

**Д.Д. Фицуро, С.А. Турко, Л.И. Пищенко, Д.С. Гастило**

РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству», аг. Самохваловичи, Минский район  
E-mail: [technolody@belbulba.by](mailto:technolody@belbulba.by); [d.fitsuro@gmail.com](mailto:d.fitsuro@gmail.com)

**АГРОФИЗИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПОЧВЫ, ДОЗЫ  
УДОБРЕНИЙ И УРОЖАЙНОСТЬ КАРТОФЕЛЯ,  
ВЫРАЩИВАЕМОГО НА ГРЯДАХ В 2 И 3 СТРОКИ****РЕЗЮМЕ**

*Представлены результаты исследований по разработке грядовой технологии выращивания картофеля в 2 и 3 строки. Товарная урожайность картофеля, выращиваемого на грядах, при внесении минеральных доз удобрений  $N_{90}P_{60}K_{150}$  и  $N_{120}P_{90}K_{180}$  на фоне 40 т/га органических удобрений составила: Манифест в 2 строки 48,9–50,4 т/га, в 3 строки 48,0–2,2 т/га; Скарб – 38,1–39,6 и 37,8–41,4 т/га соответственно; Акцент – 44,4–50,5 и 43,6–50,8 т/га соответственно.*

*Ключевые слова:* картофель, грядовая технология, сорт, удобрения, Беларусь.

**ВВЕДЕНИЕ**

Исследованиями ученых различных стран установлено, что на широко-рядных посадках создаются лучшие условия для реализации потенциальной продуктивности картофеля, уменьшается плотность почвы в зоне клубнеобразования, создается более благоприятная влажность почвы в период вегетации растений, повышается товарность клубней. Урожайность при этом может повышаться на 10–20 %, а энергозатраты по комплексу работ на производство 1 т клубней снижаются на 5–10 %. Система подготовки почвы при возделывании картофеля на грядах отличается от гребневых технологий, прежде всего, набором сельскохозяйственных машин и выполняемыми технологическими операциями [1–20]. Цель грядовой технологии выращивания картофеля – получение устойчивых урожаев на почвах различного гранулометрического состава в условиях повышенного и недостаточного увлажнения.

**МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА**

Опыт проводили на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве технологического севооборота РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству». Объектами исследований являлись сорта Манифест, Скарб, Акцент (табл. 1).

Таблица 1 – Схема опыта

Фактор А, сорт	Фактор В, схемы посадки гряды, см	Фактор С, дозы удобрений
Манифест, Скарб, Акцент	1. Междурядья 70 см; 2. Гряда (42 + 42 + 42 – 3 строки) + 54 см; 3. Гряда (84 × 2 строки) + 96 см	1. Контроль – без удобрений; 2. 40 т/га органических удобрений – фон; 3. Фон + N90P60K150 (с учетом плодородия почвы урожайность 45 т/га) + некорневые подкормки с микроэлементами двукратно; 4. Фон + N120P90K180 (с учетом плодородия почвы урожайность 50 т/га) + некорневые подкормки с микроэлементами двукратно

Пахотный горизонт опытных участков полей, где проводили агротехнические опыты, характеризуется агрохимическими показателями, которые представлены в таблице 2.

Дозы удобрений и применение микроэлементов для производства более 50 т/га товарного картофеля определяли по методике и рекомендациям В.В. Лапа и Д. Дрегер [21, 22].

Органические удобрения в дозе 40 т/га и минеральные ( $N_{90}P_{60}K_{150}$ ;  $N_{120}P_{90}K_{180}$ ) вносили согласно схеме опыта. Подготовка почвы к посадке заключалась в закрытии почвенной влаги культиватором КПС-4, вспашке ПЛН-3-35, чизелевании АЧУ-2,8 и предпосадочной культивации, нарезке гребней культиватором КРН-4,2 с междурядьями 70 см, на 90 см – ОКГ-4. На грядах технологические операции выполняли в следующей последовательности: нарезка гряд грядообразователем Grimme Combi Star CS 1500, сепарация почвы – Rota Power CS 170 (Shapeforma BSF 2000).

Таблица 2 – Агрохимические показатели дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы агротехнического севооборота РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству» (аг. Самохваловичи), 2013–2014 гг.

Показатели	Дерново-подзолистая среднесуглинистая почва
Гумус	1,9–2,0
$pH_{KCl}$	5,0–5,2
$P_2O_5$ , мг/кг	385,6–422,3
$K_2O$ , мг/кг	268,0–336,0
Cu, мг/кг	2,16–3,65
B, мг/кг	0,19–0,31
Zn, мг/кг	1,53–3,25
Mn, мг/кг	14,7–19,9
Mg, мг/кг	<5,0–37,1
Сумма поглощенных оснований, S, мг-экв/100 г	3,5–11,2
Гидролитическая кислотность, Нг, мг-экв/100 г	1,45–2,30
Плотность почвы, г/см <sup>3</sup>	1,23–1,35

После вспашки технологические операции выполняли в следующей последовательности: нарезка гряд грядообразователем; сепарация почвы; посадка картофеля с формированием гряды в 2 строки с междурядьем 84 см (42 + 42) и 3 строки с междурядьями 42 см (42 + 42 + 42).

Посадка картофеля осуществлялась во второй-третьей декадах мая сажалкой Л-202 на 70 см, а на грядах в 2 строки с междурядьем 84 см (42 + 42) и 3 строки с междурядьями 42 см (42 + 42 + 42) – GB-330. В период вегетации картофеля производили две междурядные обработки по формированию гребней КОР-4 и АК-2,8 – 70 см. На грядах междурядной обработки не проводили, так как картофелесажалка GB-330 формирует грядку необходимых параметров при посадке (высота гряды 25–30 см). После формирования гребней и гряд вносили гербициды Магнат и Зенкор в дозе 0,90 кг/га до всходов. Общая площадь под опытом 1,0 га.

Метеорологические условия 2013 г. были благоприятными для выращивания картофеля, хотя и довольно контрастными. Весна была поздняя, с перепадами температур, высоким увлажнением почвы и обильными осадками, поэтому посадку картофеля проводили на декаду позже, в середине мая. Май был теплым и влажным: температурный режим на 3,5–6,5 °С выше нормы, а осадков выпало от 53,9 до 196,3 % от нормы. Температура почвы на глубине 10 см в первой декаде мая составила 13,0 °С, что явилось благоприятным условием для подготовки почвы и посадки картофеля. Лето 2013 г. было в целом теплым, с перепадами по влажности (июнь выше нормы на 121,0 %, июль близок к норме 91,2 %, а август сухой – всего 36,3 % от нормы).

Весна 2014 г. была ранней, но с перепадами температуры воздуха и увлажнения почвы. Апрель – теплый и сухой, температурный режим по декадам на 2,3–4,7° выше нормы, а осадков за месяц выпало от 51,0 до 99,4 % от нормы. Погодные условия апреля (температура воздуха и почвы) благоприятствовали подготовке почвы к посадке картофеля. Первая декада мая характеризовалась умеренно теплой (температура на + 0,1° ниже нормы) и сухой погодой (осадков 59,7 % от нормы), а во второй и третьей декадах потеплело (на + 3,2–3,9° от нормы) и осадков выпало 200,0 и 98,7 % соответственно, что затрудняло проведение междурядных 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 (осадков 44,8 % от нормы), а вторая и третья декады месяца оказались холодными (всего 14,9–15,0 °С – ниже на 2,0–2,2 °С среднепогодных показателей), а также сухими – осадков на 16,7–26,0 % от нормы. В июле и августе температура на 2,3–4,4 и 2,9–7,0 °С превышала климатические нормы соответственно (в среднем за месяц на 3,1 °С выше среднепогодных значений). Дожди в летние месяцы выпадали неравномерно: во второй декаде июля прошли обильные дожди – 38,4 мм (120,4 % 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 среднемноголетних показателей, ГТК = 3,0).

В соответствии с методикой исследований по культуре картофеля в период вегетации проводили следующие учеты и наблюдения:

фенологическое – начало появления (10 %) и массовое появление всходов (75 %), бутонизация, цветение. Биометрические показатели (высота растений, число стеблей) определяли на 40 растениях по методике В. Росс, Ю. Росс [23];

влажность, плотность и степень крошения почвы определяли после посадки, в период появления полных всходов картофеля, в фазу цветения и перед уборкой по слоям: 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 [24, 25].

В лаборатории биохимии и агрохимического анализа РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству» определяли биохимические показатели клубней: содержание сухого вещества – весовым методом, витамина С – по Мурри, белка, содержание нитратов – потенциометрически с использованием ионоселективного электрода, согласно практикуму по агрохимии [27]. Агрохимическая характеристика почвы: содержание подвижных форм фосфора и обменного калия устанавливали по Кирсанову, гидролитическую кислотность по Каппену, рН – метрическим методом, гумус – по Тюрину [27].

Экономическую эффективность выращивания картофеля определяли по методике М.М. Севернева и И.М. Богдевича [26, 28].

Экспериментальный материал полевых опытов обработан методом дисперсионного анализа по Методике полевого опыта [29].

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В результате проведенных исследований агрофизических показателей почвы после посадки (рис. 1), на грядах почва была умеренно влажная 18,5–20,9 % (2013 г.), а в 2014 г. влажность почвы оказалась довольно высокой – в пределах 24,8–27,9 %, а плотность почвы составила в 2013–2014 гг. 0,93–0,99 г/см<sup>3</sup> и 1,07–1,27 г/см<sup>3</sup> соответственно (табл. 3, рис. 2).

В 2013 г. в фазу полных всходов верхний слой почвы был хорошо увлажненным 21,3–23,9 % и рыхлым 0,96–1,20 г/см<sup>3</sup>, а в 2014 г. поверхность почвы была сухой (12,7–13,1 %) и образовалась почвенная корка с плотностью почвы 1,14–1,21 г/см<sup>3</sup>, а горизонты почвы 10–20 см и 20–30 см были рыхлыми и умеренно влажными 14,1–17,5 % (табл. 4).

В фазу начала бутонизации слои почвы 10–20 см и 20–30 см были хорошо увлажнены – 18,2–20,2 и 19,2–23,3 % соответственно и рыхлые – 0,99–1,19



Рисунок 1 – Посадка картофеля картофелесажалкой GB-330 на грядках в 2 строки с междурядьем 84 см (42 + 42 см) и 3 строки с междурядьями 42 см (42 + 42 + 42 см) в РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству» (аг. Самохваловичи), 2014 г.



Рисунок 2 – Проведение измерений профиля гряд и агрофизических показателей почвы после посадки картофеля в РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству» (аг. Самохваловичи), 2014 г.

Таблица 3 – Влажность и плотность почвы при выращивании картофеля на грядах после посадки, 2013–2014 гг.

Сорт	Горизонт почвы, см	Влажность почвы, %		Плотность почвы, г/см <sup>3</sup>	
		2013 г.	2014 г.	2013 г.	2014 г.
Манифест	0–10	18,8	26,4	0,93	1,07
	10–20	19,5	27,8	0,96	1,09
	20–30	20,9	25,1	0,97	1,19
Скарб	0–10	18,9	26,1	0,95	1,21
	10–20	19,7	27,0	0,97	1,27
	20–30	20,6	24,8	0,99	1,26
Акцент	0–10	18,5	25,8	0,94	1,12
	10–20	19,1	26,1	0,96	1,13
	20–30	20,2	27,9	0,99	1,17

Таблица 4 – Влажность и плотность почвы при выращивании картофеля на грядах в фазу полных всходов, 2013–2014 гг.

Сорт	Горизонт почвы, см	Влажность почвы, %		Плотность почвы, г/см <sup>3</sup>	
		2013 г.	2014 г.	2013 г.	2014 г.
Манифест	0–10	21,8	13,1	0,96	1,16
	10–20	22,7	15,4	1,12	1,04
	20–30	23,8	16,2	1,15	0,99
Скарб	0–10	21,9	12,7	0,98	1,21
	10–20	22,5	14,1	1,13	1,21
	20–30	23,4	17,5	1,17	1,03
Акцент	0–10	21,3	12,7	0,97	1,14
	10–20	22,5	14,4	1,17	1,14
	20–30	23,7	17,0	1,20	0,97

и 1,09–1,22 г/см<sup>3</sup>, что благоприятно повлияло на клубнеобразование исследуемых сортов картофеля (табл. 5).

Твердость почвы – важный агрофизический показатель, с помощью которого характеризуют физико-механические свойства почв, сопротивление почвы росту корней и почвообрабатывающему рабочему органу в процессе ее обработки при уходах за посадками и уборке урожая. Твердость определяют как сопротивление почвы проникновению в нее тела (металлического плунжера) определенной формы с площадью сечения 1 см<sup>2</sup> по Качинскому, Высоцкому, Голубеву, по Горячкину – 2 см<sup>2</sup>. Твердость почвы выражают в кгс/см<sup>2</sup> и измеряют с помощью приборов, называемых твердомерами.

По результатам исследований, проведенных на грядах, мы установили тенденцию увеличения твердости почвы с увеличением глубины почвенного горизонта и от центра гряды к ее склону (табл. 6).

Показатель твердости почвы резко увеличивается с углублением твердомера в почву по центру гребня с 2–10 до 26–40 кгс/см<sup>2</sup>. На склоне гряды показатели твердости почвы хотя и изменяются, но незначительно и в целом почва достаточно твердая – 35–40 кгс/см<sup>2</sup> и более.

Таблица 5 – Влажность и плотность почвы при выращивании картофеля на грядах в фазу начала бутонизации, 2013–2014 гг.

Сорт	Горизонт почвы, см	Влажность почвы, %		Плотность почвы, г/см <sup>3</sup>	
		2013 г.	2014 г.	2013 г.	2014 г.
Манифест	0–10	19,1	17,6	0,99	1,05
	10–20	18,2	22,2	1,16	1,09
	20–30	18,7	23,3	1,18	1,15
Скарб	0–10	20,2	19,1	1,01	1,17
	10–20	18,8	22,2	1,10	1,19
	20–30	19,1	22,9	1,13	1,22
Акцент	0–10	19,5	14,8	1,10	1,01
	10–20	18,3	19,2	1,13	1,14
	20–30	20,1	21,5	1,19	1,18

Исследованиями установлена густота посадки по сортам: Манифест в 2 строки 44–50 тыс. клубней/га, 50–56 тыс. клубней/га и 3 строки от 38–45 тыс. клубней/га до 54–78 тыс. клубней/га; Скарб в 2 строки 42–50 тыс. клубней/га, 48–57 тыс. клубней/га и 3 строки 44–52 и 50–75 тыс. клубней/га; Акцент в 2 строки 40–52 тыс. клубней/га, 52–57 и 3 строки 30–45 и 52–65 тыс. клубней/га. Количество стеблей на одно растение по сортам составило: Манифест 3,3–4,1 шт. стеблей/растение; Скарб 2,8–3,9; Акцент 2,5–4,1 шт. стеблей/на растение (табл. 7).

Товарная урожайность сортов картофеля, выращиваемых на грядах, при внесении минеральных доз удобрений  $N_{90}P_{60}K_{150}$  и  $N_{120}P_{90}K_{180}$  на фоне 40 т/га органических удобрений, установлена достаточно на высоком уровне: Манифест в 2 строки 48,9–50,4 т/га, в 3 строки 48,0–52,2 т/га; Скарб 38,1–39,6 и 37,8–41,4 т/га; Акцент в 2 строки 44,4–50,5 т/га и 3 строки 43,6–50,8 т/га. Следует отметить, что в структуре урожая при 2-строчной посадке картофеля преобладает крупная

Таблица 6 – Твердость почвы в грядах после сепарации почвы в фазы начало бутонизации – цветения при выращивании картофеля, кгс/см<sup>2</sup> (определение твердости почвы твердомером Ю.Ю. Ревякина), 2014 г.

Горизонт почвы, см	Сорта картофеля на грядах											
	Манифест				Скарб				Акцент			
	2 строки, 42 + 42		3 строки, 42 + 42 + 42		2 строки, 42 + 42		3 строки, 42 + 42 + 42		2 строки, 42 + 42		3 строки, 42 + 42 + 42	
	1*	2**	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
0–5	10	39	10	22	6	31	2	36	37	36	39	35
5–10	14	40	4	32	10	33	7	38	38	39	40	38
10–15	16	41	5	36	12	36	9	36	39	41	41	40
15–20	19	41	10	37	16	39	10	38	41	42	42	41
20–25	25	42	43	37	24	41	42	37	41	44	41	41
25–30	29	40	1,6	39	32	39	26	36	38	44	40	40

\* Определение твердости почвы по центру гребня гряды.

\*\* Определение твердости почвы на склоне гребня гряды.

Таблица 7 – Густота посадки, количество стеблей и высота растений картофеля в зависимости от схемы размещения клубней в 2 и 3 строки на грядах и уровня питания, 2013–2014 гг.

Вариант опыта	Густота посадки, тыс. шт/га		Количество стеблей на 1 растение, шт.	Высота растений, см
	расчетная	фактическая		
Сорт Манифест (2 строки, 42 + 42 см)				
Контроль – без удобрений	55–60	44–52	3,7	46,3
40 т/га органических удобрений – фон	55–60	45–50	3,7	50,3
Фон + N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>150</sub> + НП	55–60	48–55	4,1	54,2
Фон + N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub> + НП	55–60	50–56	3,3	61,3
Сорт Манифест (3 строки, 42 + 42 + 42 см)				
Контроль – без удобрений	60–80	38–45	4,0	45,6
40 т/га органических удобрений – фон	60–80	40–52	4,1	49,5
Фон + N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>150</sub> + НП	60–80	60–77	3,9	57,0
Фон + N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub> + НП	60–80	54–78	4,1	67,7
Сорт Скарб (2 строки, 42 + 42 см)				
Контроль – без удобрений	55–60	42–50	2,9	42,1
40 т/га органических удобрений – фон	55–60	43–52	2,9	43,5
Фон + N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>150</sub> + НП	55–60	46–55	2,8	44,8
Фон + N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub> + НП	55–60	48–57	3,5	48,5
Сорт Скарб (3 строки, 42 + 42 + 42 см)				
Контроль – без удобрений	60–80	44–52	3,1	41,0
40 т/га органических удобрений – фон	60–80	45–54	3,1	42,5
Фон + N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>150</sub> + НП	60–80	48–75	3,9	40,3
Фон + N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub> + НП	60–80	50–75	3,2	46,0
Сорт Акцент (2 строки, 42 + 42 см)				
Контроль – без удобрений	55–60	40–52	3,0	35,8
40 т/га органических удобрений – фон	55–60	42–50	3,0	39,1
Фон + N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>150</sub> + НП	55–60	46–53	2,6	41,1
Фон + N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub> + НП	55–60	52–57	3,1	61,7
Сорт Акцент (3 строки, 42 + 42 + 42 см)				
Контроль – без удобрений	60–80	30–45	2,5	30,7
40 т/га органических удобрений – фон	60–80	35–45	2,7	34,0
Фон + N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>150</sub> + НП	60–80	42–60	2,7	34,4
Фон + N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub> + НП	60–80	52–65	4,1	52,1

Примечание. НП – некорневые подкормки микроэлементами В, Сu, Мп (40, 50, 50 г/га д. в. соответственно) в баковой смеси с фунгицидами против фитофтороза в фазу начала бутонизации 2-кратно.

фракция клубней Манифест 49,7–65,9 %, Скарб 50,9–59,3 %, Акцент 58,5–70,4 %, а в 3-строчной – средняя семенная фракция 40–60 мм (табл. 8).

Мы провели замеры высоты гребней и гряд, параметры размещения клубневого гнезда и расширили объем сепарируемой почвы при уборке картофеля (табл. 9). Установлено: высота гребней с междурядьями 70 см составила 15–17 см, 90 см – 20–25 см, гряды – 22–27 см; клубневое гнездо при посадке с

РАЗДЕЛ 5. СЕМЕНОВОДСТВО И ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА КАРТОФЕЛЯ

Таблица 8 – Влияние уровня питания (дозы удобрений) и схемы посадки на урожайность и ее структуру сортов картофеля, 2013–2014 гг.

Вариант	Урожайность, т/га	Структура урожая, % по массе			Товарность, %	Товарная урожайность, т/га
		60 мм	40–60 мм	30 мм		
Манифест (2 строки, 42 + 42)						
Контроль – без удобрений	27,8	65,9	30,9	3,2	96,8	26,9
40 т/га органических удобрений – фон	32,9	49,7	44,1	6,2	93,8	30,9
Фон + N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>150</sub> + НП	50,1	46,7	50,9	2,4	97,6	48,9
Фон + N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub> + НП	52,8	64,2	31,3	4,5	95,5	50,4
НСР <sub>05</sub>	2,6	–	–	–	–	–
Манифест (3 строки, 42 + 42 + 42)						
Контроль – без удобрений	24,7	43,6	51,7	4,7	95,3	23,5
40 т/га органических удобрений – фон	26,5	39,4	54,8	5,8	94,2	25,0
Фон + N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>150</sub> + НП	50,4	42,9	52,4	4,8	95,2	48,0
Фон + N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub> + НП	55,5	22,7	71,4	5,9	94,1	52,2
НСР <sub>05</sub>	3,1	–	–	–	–	–
Скарб (2 строки, 42 + 42)						
Контроль – без удобрений	22,4	59,3	38,0	2,7	97,3	21,8
40 т/га органических удобрений – фон	23,6	50,9	40,2	8,9	91,1	21,5
Фон + N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>150</sub> + НП	40,5	59,3	38,5	2,2	97,8	39,6
Фон + N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub> + НП	41,7	57,6	33,8	8,6	91,4	38,1
НСР <sub>05</sub>	2,1	–	–	–	–	–
Скарб (3 строки, 42 + 42 + 42)						
Контроль – без удобрений	20,9	43,7	46,6	9,7	90,3	18,9
40 т/га органических удобрений – фон	23,3	30,7	63,4	5,9	94,1	21,9
Фон + N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>150</sub> + НП	41,1	40,9	51,1	8,0	92,0	37,8
Фон + N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub> + НП	42,9	46,9	49,7	3,5	96,5	41,4
НСР <sub>05</sub>	2,3	–	–	–	–	–
Акцент (2 строки, 42 + 42)						
Контроль – без удобрений	25,2	70,4	27,3	2,3	97,7	24,6
40 т/га органических удобрений – фон	26,0	58,5	38,5	3,0	97,0	25,2
Фон + N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>150</sub> + НП	48,0	59,2	33,3	7,5	92,5	44,4
Фон + N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub> + НП	52,9	62,3	33,2	1,5	95,5	50,5
НСР <sub>05</sub>	3,1	–	–	–	–	–
Акцент (3 строки, 42 + 42 + 42)						
Контроль – без удобрений	22,8	50,0	42,7	7,3	92,7	21,1
40 т/га органических удобрений – фон	25,2	62,8	33,6	3,6	96,4	24,3
Фон + N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>150</sub> + НП	45,6	58,8	36,8	4,4	95,6	43,6
Фон + N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub> + НП	52,8	49,2	47,0	3,8	96,2	50,8
НСР <sub>05</sub>	2,9	–	–	–	–	–

Примечание. НП – некорневые подкормки микроэлементами В, Сu, Мп (40, 50, 50 г/га д. в. соответственно) в баковой смеси с фунгицидами против фитофтороза в фазу начала бутонизации 2-кратно.

Таблица 9 – Влияние способа (схемы) посадки картофеля на залегание клубневого гнезда и объем сепарируемой почвы, 2013–2014 гг.

Вариант опыта, схема посадки	Высота гребня, гряды, см	Глубина клубневого гнезда, см	Площадь сечения профиля гребня, гряды, см <sup>2</sup>	Объем сепарируемой почвы, см <sup>3</sup>	Масса сепарируемой почвы комбайном*, т/га
Междурядья 70 см	15–17	12–15	800	11 424	1 370,8
Междурядья 90 см	20–25	12–17 до 20	1 200	13 333	1 599,9
Гряда, 2 строки 42 + 42 см	22–27	20–25 до 30	2 400	19 999	2 399,9
Гряда, 3 строки 42 + 42 + 42 см	22–27	20–25 до 30	2 400	19 999	2 399,9

\*Для расчета массы сепарируемой почвы плотность среднесуглинистой почвы взята 1,20 г/см<sup>3</sup>.

междурядьями 70 см залегало на глубине 12–15 см, с междурядьями 90 см – 12–17 см до 20 см, а на грядах – до 20–30 см. Объем сепарируемой почвы при таких параметрах расположения клубневого гнезда составляет для гребня с междурядьями 70 см 1370,8 т/га, 90 см – 1599,9 т/га, а на грядах – 2399,9 т/га.

По биохимическим показателям (сухое вещество, крахмал, суммарный белок, витамин С, нитраты) при внесении удобрений установлено снижение (табл. 10).

Экономическую эффективность выращивания продовольственного картофеля на грядах рассчитали по ценам, сложившимся по состоянию на 01.11.2014 г., при этом взяли в среднем цену на продовольственный картофель по 3000 руб/кг. Материальные затраты на выращивание картофеля без удобрений (семена, пестициды, органические удобрения, ГСМ, з/плата, общехозяйственные расходы) составили 56 млн руб/га (5234 долл/га, долл. США), а с внесением удобрений, пестицидных обработок и других затрат – увеличились от 95,5 (8925 долл/га) до 100,8 (9420,5 долл/га) млн руб/га (+39,5 и 44,8 млн руб/га). При высоких материальных затратах, прибыль по сортам в зависимости от урожая и схемы посадки при выращивании картофеля на грядах в 2 строки составила у сорта Манифест 50,4–51,2 млн руб/га (4710–4785 долл/га); Скарб – 16,8–23,3 (1570–2177 долл/га); Акцент – 37,7–50,7 млн руб/га (3523–4738 долл/га); а в 3 строки – Манифест 48,5–55,8 (4533–5215 долл/га); Скарб – 18,8–23,4 (1757–2187 долл/га); Акцент – 35,3–51,6 млн руб/га (3299–4822 долл/га). Рентабельность выращивания продовольственного картофеля при внесении удобрений, некорневых подкормок и выполнении защитных мероприятий (фитофтороз, колорадский жук) достаточно высокая и по сортам при посадке в 2 строки составила: Манифест – 50,0–53,6 %; Скарб – 16,7–23,3; Акцент – 39,5–50,3 %; 3 строки – Манифест – 50,8–55,3 %; Скарб – 19,7–23,2; Акцент – 37,0–51,2 %.

Таблица 10 – Влияние уровня питания (дозы удобрений) и схемы посадки на биохимические показатели клубней картофеля, 2013–2014 гг.

Вариант опыта	Схема посадки картофеля														
	2 строки, 42 + 42 см					3 строки, 42 + 42 + 42									
	Биохимические показатели клубней														
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
	Манифест														
Контроль – без удобрений	19,9	14,2	1,06	21,4	52,3	19,1	13,3	1,12	21,0	150,2					
40 т/га органических удобрений – фон	18,1	12,4	1,03	21,1	164,8	18,6	12,8	1,07	17,5	116,5					
Фон + N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>150</sub> + НП	18,4	12,7	1,10	19,7	184,7	17,2	11,5	1,03	17,2	172,3					
Фон + N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub> + НП	17,9	12,2	1,08	20,6	212,2	17,0	11,4	1,08	19,3	237,9					
	Скарб														
Контроль – без удобрений	19,7	13,9	1,09	26,6	68,7	19,5	13,8	1,18	22,1	106,3					
40 т/га органических удобрений – фон	18,6	12,8	1,09	20,6	106,3	19,2	13,4	1,16	21,4	172,3					
Фон + N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>150</sub> + НП	18,0	12,3	1,14	22,1	143,5	18,8	13,1	1,12	21,4	181,2					
Фон + N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub> + НП	17,2	11,5	1,09	22,1	172,3	17,8	12,0	1,09	18,4	193,6					
	АКЦЕНТ														
Контроль – без удобрений	22,0	16,3	1,31	24,5	46,5	22,8	17,1	1,33	24,5	97,0					
40 т/га органических удобрений – фон	21,9	16,2	1,38	25,0	84,6	22,6	16,9	1,16	16,2	116,5					
Фон + N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>150</sub> + НП	21,4	15,6	1,34	30,6	150,2	21,0	15,3	1,17	31,1	127,6					
Фон + N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub> + НП	20,7	14,9	1,19	18,7	184,7	19,7	13,9	1,21	26,0	189,2					

Примечание. 1 – сухое вещество, %; 2 – крахмал, %; 3 – суммарный белок, %; 4 – витамин С, мг%; 5 – нитраты, мг/кг.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований агрофизических показателей почвы после посадки в фазы полных всходов и бутонизации влажность и плотность почвы хотя и колебались в определенных параметрах, в целом отвечали требованиям для выращивания картофеля.

Густота посадки по сортам составила: Манифест в 2 строки 50–56 тыс. клубней/га и 3 строки 54–78 тыс. клубней/га; Скарб в 2 строки 48–57 тыс. клубней/га и 3 строки 50–75 тыс. клубней/га; Акцент в 2 строки 52–57 и 3 строки 52–65 тыс. клубней/га. Количество стеблей на одно растение по сортам составило: Манифест 3,3–4,1; Скарб 2,8–3,9; Акцент 2,5–4,1 шт. стеблей на куст.

Товарная урожайность сортов картофеля, выращиваемых на грядах, при внесении минеральных доз удобрений  $N_{90}P_{60}K_{150}$  и  $N_{120}P_{90}K_{180}$  на фоне 40 т/га органических удобрений установлена: Манифест в 2 строки 48,9–50,4 т/га, в 3 строки 48,0–52,2 т/га; Скарб 38,1–39,6 и 37,8–41,4 т/га; Акцент в 2 строки 44,4–50,5 т/га и 3 строки 43,6–50,8 т/га. Следует отметить, что в структуре урожая, при 2-строчной посадке картофеля преобладает крупная фракция клубней Манифест 49,7–65,9 %, Скарб 50,9–59,3, Акцент 58,5–70,4 %, а в 3-строчной – средняя фракция 40–60 мм.

По биохимическим показателям при внесении удобрений установлено снижение содержания сухого вещества, крахмала, витамина С и увеличение содержания суммарного белка и нитратов.

Экономическая эффективность выращивания продовольственного картофеля на грядах: материальные затраты на выращивание картофеля без удобрений (семена, пестициды, органические удобрения, ГСМ, з/плата, общехозяйственные расходы) составили 56 млн руб/га (5234 долл/га, дол. США), а с внесением удобрений, пестицидных обработок и других затрат – увеличились от 95,5 (8925 долл/га) до 100,8 (9420,5 долл/га) млн руб/га (+ 39,5 и 44,8 млн руб/га). При высоких материальных затратах прибыль по сортам в зависимости от урожая и схемы посадки при выращивании картофеля на грядах в 2 строки составила: у сорта Манифест – 50,4–51,2 млн руб/га (4710–4785 долл/га); Скарб – 16,8–23,3 (1570–2177); Акцент – 37,7–50,7 (3523–4738); а в 3 строки Манифест – 48,5–55,8 млн руб/га (4533–5215 долл/га); Скарб – 18,8–23,4 (1757–2187); Акцент – 35,3–51,6 млн руб/га (3299–4822 долл/га). Рентабельность выращивания продовольственного картофеля при внесении удобрений, некорневых подкормок и выполнении защитных мероприятий (фитофтороз, колорадский жук) достаточно высокая и по сортам при посадке в 2 строки составила: Манифест – 50,0–53,6; Скарб – 16,7–23,3; Акцент – 39,5–50,3; 3 строки – Манифест – 50,8–55,3; Скарб – 19,7–23,2; Акцент – 37,0–51,2 %.

### Список литературы

1. Павлова, О.А. Влияние агротехнических приемов на урожайность и качество картофеля при возделывании на грядах: автореф. дис. ... канд. тех. наук: 06.01.09, 05.20.01 / О.А. Павлова; ВНИИКХ им. Лорха. – М., 2006. – 23 с.

2. Бургхаузен, Р. Возделывание картофеля методом сдвоенных рядов / Р. Бургхаузен // *Международ. с.-х. журнал.* – 1966. – № 4. – С. 14–17.
3. Бургхаузен, Р. Агротехника и механизация уборки картофеля на тяжелых почвах ГДР / Р. Бургхаузен // *Международ. с.-х. журнал.* – 1968. – № 3. – С. 21–23.
4. Бурлака, В.В. Биологические основы растениеводства на переувлажненных почвах Дальнего Востока / В.В. Бурлака. – Хабаровск: Хабаровское книжное изд-во, 1967. – С. 112–114.
5. Кононученко, Н.В. Возделывание картофеля широкорядным способом в условиях БССР: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Н.В. Кононученко. – Минск, 1968. – 20 с.
6. Петько, А.Б. Влияние способов посадки на урожай и условия механизации процессов выращивания и уборки картофеля / А.Б. Петько // *Картофелеводство: межвед. темат. сб.* – Минск, 1974. – Вып. 2. – С. 70–73.
7. Петько, А.Б. Урожай картофеля и условия его уборки при ленточном способе посадки на грядах / А.Б. Петько // *Картофелеводство: межвед. темат. сб.* – Минск, 1976. – Вып. 3. – С. 96–99.
8. Севернев, М.М. Энергосберегающие технологии в сельскохозяйственном производстве / М.М. Севернев. – Минск: Ураджай, 1994. – 221 с.
9. Банадысев, С.А. Особенности применения современных технологий возделывания картофеля / С.А. Банадысев, М.И. Юхневич // *Картофелеводство: сб. науч. тр.* – Минск: Мерлит, 2000. – Вып. 10. – С. 230–241.
10. Старовойтов, В.И. Перспективы развития технологии выращивания картофеля на грядах / В.И. Старовойтов, Н.В. Воронов, О.А. Павлова // *Картофелеводство России: актуальные проблемы науки и практики.* – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2007. – С. 147–151.
11. Индустриальные технологии возделывания картофеля в Хабаровском крае: рекомендации / Е.П. Киселев [и др.]. – Хабаровск, 1986. – 160 с.
12. Промышленное производство раннего картофеля на Дальнем Востоке: рекомендации / Е.П. Киселев [и др.]. – Новосибирск: ВАСХНИЛ, 1990. – 130 с.
13. Прогрессивные технологии возделывания картофеля в Дальневосточном регионе / Е.П. Киселев [и др.]. – Хабаровск, 1998. – 88 с.
14. Киселев, Е.П. Специфика картофелеводства на Дальнем Востоке / Е.П. Киселев // *Картофель России.* – М., 2003. – Ч. III. – С. 180–219.
15. Киселев, Е.П. Совершенствование грядовой и голландской технологий возделывания картофеля в Приамурье и Приморье / Е.П. Киселев, В.М. Ступин // *Материалы междунар. юбилейной науч.-практ. конф., посвящ. 75-летию Института картофелеводства НАН Беларуси.* – Минск: Мерлит, 2003. – Ч. 2. – С. 249–256.
16. Уралова, И.П. Влияние ширины междурядий посадки картофеля на вредные, полезные организмы и эффективность защитных мероприятий: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / И.П. Уралова; ВНИИКХ. – М., 1994. – 24 с.
17. Чистяков, А.В. Выявление рациональных технологических приемов ухода за посадками картофеля при различной ширине междурядий на дерново-подзолистой почве: автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук / А.В. Чистяков. – ВНИИКХ. – М., 2001. – 24 с.

18. Колчинский, Ю.Л. Современные отечественные и зарубежные технологии производства картофеля / Ю.Л. Колчинский, Л.М. Колчина. – М. 1992. – С. 8–11.
19. Колчинский, Ю.Л. Опыт применения зарубежных технологий возделывания картофеля в России / Ю.Л. Колчинский, Л.М. Колчина. – М.: Информмагротех, 1997. – 159 с.
20. Рогозин, А.В. Повышение качества посадки картофеля сажалкой СКМ-3 на грядах. Технология производства картофеля. / А.В. Рогозин, К.А. Пшеченков // Научные труды ИКХ. – М., 1989. – С.16–22.
21. Система удобрений сельскохозяйственных культур: рекомендации / В.В. Лапа [и др.]. – Минск: 1997. – 16 с.
22. Шпаар, Д. Картофель: возделывание, уборка, хранение / Д. Шпаар, А. Быкин, Д. Дрегер; под ред. Д. Шпаара. – Торжок: ООО «Вариант», 2004. – 466 с.
23. Росс, В. Биометрические измерения в посевах сельскохозяйственных культур / В. Росс, Ю. Росс. – М.: ВАСХНИЛ, 1969. – 25 с.
24. Методика исследований по культуре картофеля // НИИ картофельного хозяйства; редкол.: Н.С. Бацанов [и др.]. – М., 1967. – 265 с.
25. Методические рекомендации по специализированной оценке сортов картофеля / С.А. Банадысев [и др.]. – Минск, 2003. – 70 с.
26. Методы оценки эффективности научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ на стадии их планирования и завершения / М.М. Севернев [и др.]. – Минск, 1999. – С. 39–82.
27. Петербургский, А.В. Практикум по агрономической химии / А.В. Петербургский. – М.: Колос, 1981. – 495 с.
28. Методика определения агрономической и экономической эффективности удобрений и прогнозирования урожая сельскохозяйственных культур / И.М. Богдевич [и др.]. – Минск, 1988. – 30 с.
29. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. – М.: Колос. 1985. – 416 с.

Поступила в редакцию 06.11.2015 г.

D.D. FITSURO, S.A. TURKO, L.I. PISCHENKO, D.S. GASTILO

## **AGROPHYSICAL SOIL INDICATORS, FERTILIZERS AND PRODUCTIVITY DOSE OF POTATO GROWN UP ON SEEDBEDS IN 2 AND 3 LINES**

### **SUMMARY**

*The research results on working out bed technology of cultivation of potato in 2 and 3 lines are presented. Commodity productivity of the potato which is grown up on bed, at entering of mineral doses of fertilizers  $N_{90}P_{60}K_{150}$  and  $N_{120}P_{90}K_{180}$  against 40 t/ha of organic fertilizers has made: the Manifest in 2 lines – 48.9–50.4 t/ha, in 3 lines – 48.0–52.2; Skarb – 38.1–39.6 and 37.8–41.4; Accent in 2 lines – 44.4–50.5 and 3 lines – 43.6–50.8 t/ha.*

*Key words:* potato, seedbed technology, variety, fertilizers, Belarus.

## **РАЗДЕЛ 6**

### **ТЕХНОЛОГИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ**

УДК 664.2

**В.В. Литвяк**

РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по продовольствию»,  
г. Минск

#### **ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ПОЛУФАБРИКАТА ХВОРОСТА И КАРТОФЕЛЕПРОДУКТА «ХВОРОСТ»**

##### **РЕЗЮМЕ**

*Рассмотрены особенности технологии получения полуфабриката хвороста и картофелепродукта «Хворост», а также исследована морфология поверхности полуфабриката хвороста.*

*Ключевые слова:* полуфабрикат, картофелепродукт, хворост, компонент, сырье, технология, морфология.

##### **ВВЕДЕНИЕ**

В настоящее время в странах Европейского союза перерабатывающие картофель предприятия находятся в зоне выращивания картофеля и производят не только готовые продукты, но и полуфабрикаты картофелепродуктов, которые впоследствии на других заводах подвергают окончательной переработке. Создана структура с полным производственным циклом «выращивание – переработка – реализация», которая существенно снижает транспортные расходы и потери, обеспечивает высокое качество продукции и утилизацию отходов на месте. Так, каждое предприятие определяет технологию выращивания и сортовой состав в зависимости от вида переработки, а также организует семеноводство требуемых сортов.

В западных странах в год в среднем потребляют следующее количество картофелепродуктов на душу населения в пересчете на свежий картофель: США – 49,5 кг, Великобритания – 40,0, Германия – 20,3 кг. На производство картофелепродуктов в США используется около 75 % валового сбора картофеля, Великобритании – 41, Германии – 22 %. Причем ежегодно производство картофелепродуктов в этих странах увеличивается на 5–7 %. В Беларуси на картофелепродукты перерабатывается около 3 % валового сбора картофеля [1].

Большая популярность картофеля как продукта питания способствует расширению спектра промышленных способов его переработки. Так, сейчас наблюдается активное развитие новой товарной группы картофелепродуктов – полуфабриката хвороста и картофелепродукта «Хворост» [2].

Цель работы – рассмотреть особенности технологии получения полуфабриката хвороста и картофелепродукта «Хворост».

## ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

*Объекты исследований.* Объектом исследований служили образцы картофельного продукта «Хворост».

*Фотографирование.* Фотографирование (макросъемку) проводили с помощью фотоаппарата SONY NEX-5N (производитель Таиланд).

*Сканирующая электронная микроскопия.* Морфологическая структура оценена на сканирующем электронном микроскопе LEO 1420 (производитель Германия). Металлизацию препаратов осуществляли золотом в вакуумной установке ЕМІТЕСН К 550Х.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Сотрудниками РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по продовольствию» разработана технология производства полуфабриката хвороста и картофелепродукта «Хворост»:

- ТУ РБ 100377784.014-2001 «Полуфабрикат хвороста и хворост»;
- РЦ РБ 190239501.10.110-2005 «Хворост с сахаром»;
- РЦ РБ 190239501.10.111-2005 «Хворост с сахаром и корицей»;
- РЦ РБ 190239501.10.112-2005 «Хворост с сахаром и ванилином»;
- ТИ РБ 190239501.10.029-2006 «Технологическая инструкция по производству полуфабриката хвороста и хвороста».

*Полуфабрикат хвороста. Общая характеристика продукта.* Полуфабрикат хвороста представляет собой пластинки прозрачные и полупрозрачные, изготовленные на основе зерновых продуктов, полуфабрикатов из картофеля, пищевых, вкусовых и вкусо-ароматических добавок и предназначенные для получения хвороста.

Внешний вид и морфологические особенности поверхности полуфабриката хвороста представлены на рисунках 1 и 2. На рисунке 2 показаны сканирующие электронные микрофотографии поверхности полуфабриката хвороста при разном увеличении. Установлено, что поверхность полуфабриката хвороста имеет неоднородную структуру. На поверхности полуфабриката хвороста имеются как гладкие участки, так и шероховатые.

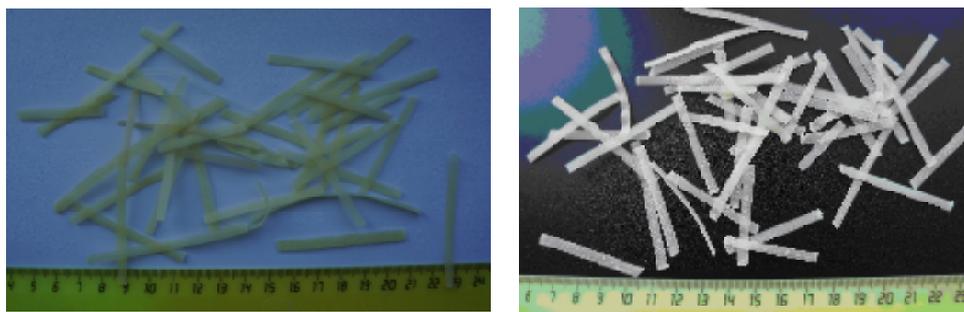


Рисунок 1 – Фотографии внешнего вида полуфабриката картофелепродукта «Хворост» (производство ОАО «Машпищепрод»)

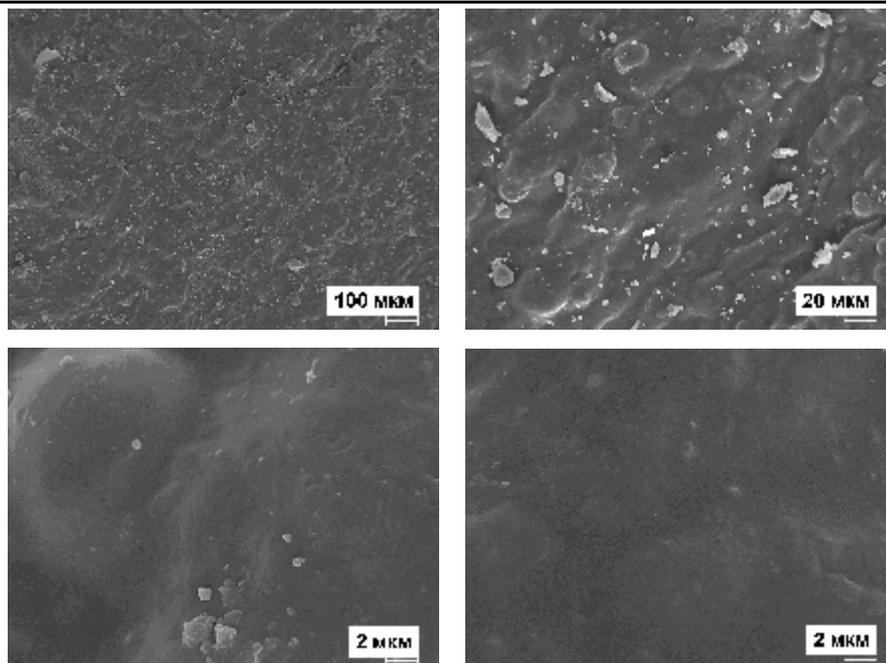


Рисунок 2 – Сканирующие электронные микрофотографии поверхности полуфабриката картофелепродукта «Хворост» (производство ОАО «Машпищепрод»)

Полуфабрикат хвороста вырабатывают следующих наименований:

- полуфабрикат хвороста;
- полуфабрикат хвороста с пищевыми, вкусовыми и вкусо-ароматическими добавками.

Сырье и материалы. Для производства полуфабриката хвороста применяют следующее сырье:

- мука пшеничная хлебопекарная не ниже первого сорта;
- мука кукурузная тонкого помола;
- мука соевая дезодорированная;
- мука для продуктов детского питания;
- мука овсяная;
- крупа манная;
- крупа овсяная;
- отруби ржаные;
- пюре картофельное сухое;
- картофель сушеный не ниже первого сорта (допускается применение картофеля сушеного, не отвечающего требованиям стандарта только по размеру – мелочи);
- крахмал картофельный не ниже первого сорта;
- крахмал кукурузный не ниже первого сорта;
- вода питьевая;

· соль поваренная пищевая профилактическая (йодированная) сорта «Экстра» или первого сорта помолов № 0 и № 1.

**Технологический процесс.** Принципиальная технологическая схема производства полуфабриката хвороста представлена на рисунке 3.

**Подготовка компонентов.** При производстве полуфабриката хвороста применяют сухое картофельное пюре в виде хлопьев или гранул и сушеный картофель, которые являются взаимозаменяемыми.

Картофельные хлопья измельчают на молотковых дробилках типа КДМ, В10-АК4/1, Ф-1 или размольных устройствах другого типа и просеивают через сита с размерами отверстий 0,5–0,6 мм.

Картофельные гранулы, сушеный картофель, отруби ржаные и пшеничные, крупу овсяную, при необходимости подсушенные до массовой доли влаги не более 8 %, а также сахар-песок и сахар-рафинад измельчают на молотковых дробилках типа КДМ, Е10-АК4/1, Ф-1 или размольных устройствах другого типа и просеивают через сита с размерами отверстий 0,5–0,8 мм.

Порошкообразные компоненты просеивают через сита с размерами отверстий: манную крупу, муку, крахмал – 1,2–1,5 мм; поваренную соль – 1,0 мм; какао-порошок, корицу (при необходимости измельчают в порошок) и просеивают через сита с размерами отверстий 0,5 мм; пищевкусовые и вкусо-ароматические добавки при необходимости подсушивают и протирают через сита с отверстиями 0,45–0,60 мм.

Все сухие компоненты после предварительной подготовки подвергают магнитной сепарации.

Для придания полуфабрикату хвороста различных оттенков используют сушеную свеклу, свекольный сок, тартразин и другие добавки.

Сушеную свеклу при необходимости подсушивают до массовой доли влаги не более 8 %, измельчают на указанных выше размольных устройствах и просеивают через сито с размерами отверстий 0,45 мм, тартразин также просеивают через сита с отверстиями 0,45 мм. Сушеную измельченную свеклу и тартразин предварительно растворяют в небольшом количестве воды, а затем смешивают с соевым раствором и в таком виде подают в производственный процесс.

При использовании свекольного сока свежую свеклу моют, инспектируют, варят паром или в воде при температуре 98–105°С в течение 30–50 мин. Сваренную свеклу очищают, измельчают и из полученной мезги отделяют сок, который смешивают с соевым раствором в соотношении 1:2, что обеспечивает светло-розовый цвет готового продукта.

Отходы, полученные при подготовке свекольного сока, используют на кормовые цели.

Подготовку компонентов и применяемых добавок ввиду необходимости их измельчения, связанного с распылением продуктов, рекомендуется осуществлять в отдельном помещении. В случае подготовки компонентов и добавок в производственном цеху, их доставляют в цех непосредственно на площадку разгрузки сырья и последовательно подают в производство.



Рисунок 3 – Принципиальная технологическая схема производства полуфабриката хвороста

*Дозирование и смешивание.* Сухое картофельное пюре (хлопья, гранулы) или сушеный картофель взвешивают на весах типа ВТ 4014-500Ш или других, откуда его направляют на дробилку типа В10-АК4/1 или другого с последующим просеиванием при необходимости на расसेве типа Ш12-ККЛ/32 или др. Фракцию частиц с размером не более 0,6 мм взвешивают и подают в производственный процесс, а фракцию крупных частиц – на повторное измельчение и просеивание.

Картофельный крахмал просеивают и направляют в производственный процесс.

После дозирования подготовленные компоненты направляют в смеситель типа Ш12-ККЛ/15 или другой.

Сюда же в соответствии с рецептурами подают пищевые и вкусовые добавки. В случае применения соли сорта «Экстра» можно вносить ее в рецептурном соотношении вместе с сухими компонентами. При использовании соли первого сорта помолов № 0 и № 1 рекомендуется вносить ее в виде водно-солевого раствора. В этом случае вначале перемешивают сухие компоненты в течение 3–5 мин, затем добавляют воду или солевой раствор при температуре 20–30 °С с предварительно внесенными в них сушеной свеклой (или свекольным соком), тартразином и другими добавками (или без них).

Для лучшего и более равномерного распределения влаги в смеси рекомендуется вносить воду и водно-солевой раствор устройством типа дождевого.

Продолжительность перемешивания в смесителе компонентов в зависимости от рецептуры составляет 15–20 мин. Смесь должна быть однородной с массовой долей сухих веществ 63–66 %.

*Экструдирование, подсушка и резка.* Подготовленную влажную смесь питателем направляют в экструдер типа Ш12-КЗС-1, где происходит экструдирование через матрицу с разными размерами и формой отверстий при давлении 9–11 МПа и температурой в зависимости от состава компонентов рецептуры 70–85 °С. Получаемые в процессе экструдирования жгуты подсушивают воздухом комнатной температуры обдувателя и нарезают режущим аппаратом Ш12-КПЭ/3-1 на частицы длиной не более 85 мм, которые затем подают питателем на сушку на верхнюю ленту сушилки.

*Сушка, инспекция и влаговыравнивание.* Сушку полуфабриката хвороста производят в ленточной конвейерной сушилке типа Ш12-КС0/2 или другой. Сушку осуществляют при температуре 55–75 °С до массовой доли влаги в готовом продукте не более 12 %. Высушенный полуфабрикат хвороста направляют на конвейер инспекции Ш12-КПЭ/7-1 или другой, где удаляют некондиционные пластины, комки и мелочь и одновременно охлаждают до температуры не выше 25 °С. После инспекции и охлаждения сухой продукт подают питателем во влаговыравниватель типа Ш12-КПЭ-1/6 или другой, где происходит выравнивание влаги сухого полуфабриката в течение не менее 24 ч. В случае если полуфабрикат является конечным продуктом производства, рекомендуется упаковывать его сразу же после инспекции, чтобы влаговыравнивание происходило в упакованном продукте.

*Упаковка, маркировка, транспортировка и хранение.* Готовый продукт подается на упаковку и маркировку, а далее на транспортировку или хранение.

Картофелепродукт «Хворост». Общая характеристика продукта. Хворост представляет собой продукт с пористой воздушной структурой и хрустящей консистенцией, изготовленный из полуфабриката хвороста путем обжаривания в растительном масле и предназначенный для употребления в пищу в качестве сухого завтрака, десертного продукта, гарнира к различным блюдам или закуски к напиткам (молоку, сокам, кофе и т. д.).

Хворост вырабатывают следующих наименований:

- хворост;
- хворост с сахаром;
- хворост с сахаром и корицей;
- хворост с сахаром и ванилином;
- хворост с сахаром и какао-порошком;
- хворост с другими пищевыми, вкусовыми и вкусо-ароматическими добавками.

Сырье и материалы. Для производства *хвороста* применяют следующее сырье:

- полуфабрикат хвороста;
- полуфабрикат хвороста с пищевыми, вкусовыми и вкусо-ароматическими добавками;
- корица молотая;
- сахар-песок;
- какао-порошок;
- ванилин;
- добавки пищевкусовые из натурального сырья;
- масло подсолнечное рафинированное;
- масло хлопковое рафинированное;
- масло соевое рафинированное, дезодорированное;
- масло оливковое рафинированное;
- масло кукурузное рафинированное;
- масло рапсовое рафинированное, дезодорированное;
- масло пальмовое.

Технологический процесс. Принципиальная технологическая схема производства картофелепродукта «Хворост» представлена на рисунке 4.

*Обжаривание полуфабриката.* Если хворост вырабатывают на предприятии, где производится и полуфабрикат хвороста, то после выравнивания влаги сухой продукт подают на инспекционный стол типа Ш12-ККЛ/48 или другой с целью контрольной инспекции, а затем питателем равномерно подают на обжарку в обжарочную печь типа Ш12-ККЛ/17.

Полуфабрикат хвороста обжаривают в различных видах масел: подсолнечном, кукурузном, соевом, хлопковом, оливковом, рапсовом или смеси

масел: подсолнечного с соевым или рапсовым в соотношении весовых частей 1:1, или подсолнечного в количестве 30 % с хлопковым 70 %.

Обжаривание производят при температуре 180–200 °С в течение 5–7 с. Уровень масла в обжарочном устройстве поддерживают постоянным, добавляя периодически или непрерывно свежее масло.

Кислотное число масла в процессе обжаривания не должно превышать 2,0 мг КОН.

*Охлаждение, инспекция, дражировка.* Обжаренный хворост в печи направляют на охладительное устройство типа Ш12-КСХ/7-1 или другое, где происходит предварительное охлаждение, удаление излишков масла и одновременно производят инспекцию продукта с удалением недожаренных, пережаренных изделий и мелочи. Затем продукт подают на дражировку в дражировочную машину барабанного типа Ш12-КХК/9 или другую, где наносят на поверхность изделий с температурой 40–45 °С в соответствии с рецептурами пищевые, вкусовые или вкусо-ароматические добавки. Добавки наносят методом распыления или обсыпки при перемешивании. Затем продукт окончательно охлаждают до температуры не более 25 °С на конвейере-охладителе типа Ш12-КПЗ-1/8 или другом и направляют на упаковку.

*Упаковка, маркировка, транспортировка и хранение.* Готовый продукт подается на упаковку и маркировку, а далее на транспортировку или хранение.



Рисунок 4 – Принципиальная технологическая схема производства картофелепродукта «Хворост»

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, особенности получения полуфабриката хвороста картофелепродукта предусматривают следующие последовательно осуществляемые технологические операции: подготовка необходимых сырья и материалов, подготовка компонентов, дозирование и смешивание компонентов, экструдирование, подсушка, резка, сушка, инспекция, влаговывравнивание, упаковка, маркировка, транспортировка и хранение полуфабриката хвороста, а получение картофелепродукта «Хворост» – обжаривание полуфабриката хвороста, охлаждение, инспекция, дражировка, упаковка, маркировка, транспортировка и хранение.

В настоящее время сотрудниками РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по продовольствию» разработаны следующие нормативные правовые акты:

- ТУ РБ 100377784.014-2001 «Полуфабрикат хвороста и хворост»;
- РЦ РБ 190239501.10.110-2005 «Хворост с сахаром»;
- РЦ РБ 190239501.10.111-2005 «Хворост с сахаром и корицей»;
- РЦ РБ 190239501.10.112-2005 «Хворост с сахаром и ванилином»;
- ТИ РБ 190239501.10.029-2006 «Технологическая инструкция по производству полуфабриката хвороста и хвороста».

Установлено, что при получении полуфабриката «Хворост» разрушаются крахмальные гранулы. Поверхность полуфабриката хвороста имеет неоднородную структуру. На поверхности полуфабриката хвороста имеются как гладкие участки, так и шероховатые.

### Список литературы

1. Мировые тенденции и перспективные направления создания новых продуктов из картофеля [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.produkt.by/Science/show/200>. – Дата доступа: 07.04.2014.

2. Картофель и картофелепродукты: наука и технология / З.В. Ловкис [и др.]; РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию». – Минск: Беларус. навука, 2008. – 537 с.

Поступила в редакцию 22.11.2015 г.

V.V. LITVYAK

## RECEPTION TECHNOLOGY FEATURES OF HALF-FINISHED PRODUCT OF BRUSHWOOD AND POTATO PRODUCT «BRUSHWOOD»

### SUMMARY

*Reception technology features of half-finished product of brushwood and potato product «Brushwood» are considered. The surface morphology of half-finished product of brushwood is investigated.*

*Key words:* half-finished product, potato product, brushwood, component, raw materials, technology, morphology.

УДК 664.834.2

**В.В. Литвяк**

РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по продовольствию»,  
г. Минск

## **ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА СУШЕНОГО КАРТОФЕЛЯ**

### **РЕЗЮМЕ**

*Разработана технология производства сушеного картофеля, предусматривающая следующие последовательно осуществляемые технологические стадии: подачу картофеля, мойку клубней и отделение камней, калибровку и инспекцию, очистку (механическим способом очистки или паровым способом очистки или пароводотермическим способом очистки), доочистку и сульфитацию картофеля, резку клубней, бланширование и охлаждение кусочков картофеля, сушку и инспекцию картофеля, магнитную сепарацию картофеля, упаковку, маркировку, транспортировку и хранение готового продукта.*

*Ключевые слова:* картофель, сырье, технология, мойка, очистка, резка сульфитация, бланширование, сушка, резка.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Картофель – многолетнее (в культуре – однолетнее) растение семейства пасленовых (*Solanaceae*), широко возделываемое ради его съедобных клубней [1].

Сушка является одним из эффективных методов консервирования плодово-овощной продукции, в том числе и картофеля, так как не требует сложного технологического оборудования. Для хранения такой продукции необходимо значительно меньше площади, а для транспортировки – транспортных средств. Этот способ консервирования основан на удалении из сырья большей части влаги, что останавливает развитие микроорганизмов, прекращает биохимические процессы [1, 2].

Из всей продукции, которую производят овощесушильные предприятия в настоящее время, сушеный картофель пользуется наибольшей популярностью у потребителей в сравнении с другими картофелепродуктами [1, 2].

Цель исследования – разработать высокоэффективную технологию производства сушеного картофеля.

### **ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ**

*Объекты исследований.* Объектом исследований служили образцы сушеного картофеля.

*Фотографирование.* Фотографирование (макросъемку) проводили с помощью фотоаппарата SONY NEX-5N (производитель Таиланд).

*Сканирующая электронная микроскопия.* Морфологическая структура оценена на сканирующем электронном микроскопе LEO 1420 (производитель Германия). Металлизацию препаратов осуществляли золотом в вакуумной установке ЕМТЕСН К 550Х.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Общая характеристика продукта. Сушеный картофель – картофелепродукт, изготовленный из очищенного и нарезанного кубиками, столбиками или пластинками (соломкой) картофеля и высушенного до 88–92 % сухих веществ (рис. 1, 2). В состав сухих веществ сушеного картофеля входит: 63,8–80,0 % крахмала, 1,1–6,8 % сахаров, 1,5–3,9 % азотистых веществ, 0,3 % жира, 3,6–6,9 % золы, 10,5–56,4 мг витамина С. Потери витамина С при сушке составляют 25–35 %. В зависимости от качественных показателей сушеный картофель выпускают высшим, первым или вторым сортом.

Сырье и материалы. Для изготовления сушеного картофеля применяют следующее сырье и материалы:

- картофель свежий для переработки на продукты питания, рекомендуемые сорта картофеля: Лошицкий, Темп, Выток, Дина, Криница, Скарб, Ласунок и др.;
- пиросульфит натрия технический или натрия бисульфит технический (водный раствор).

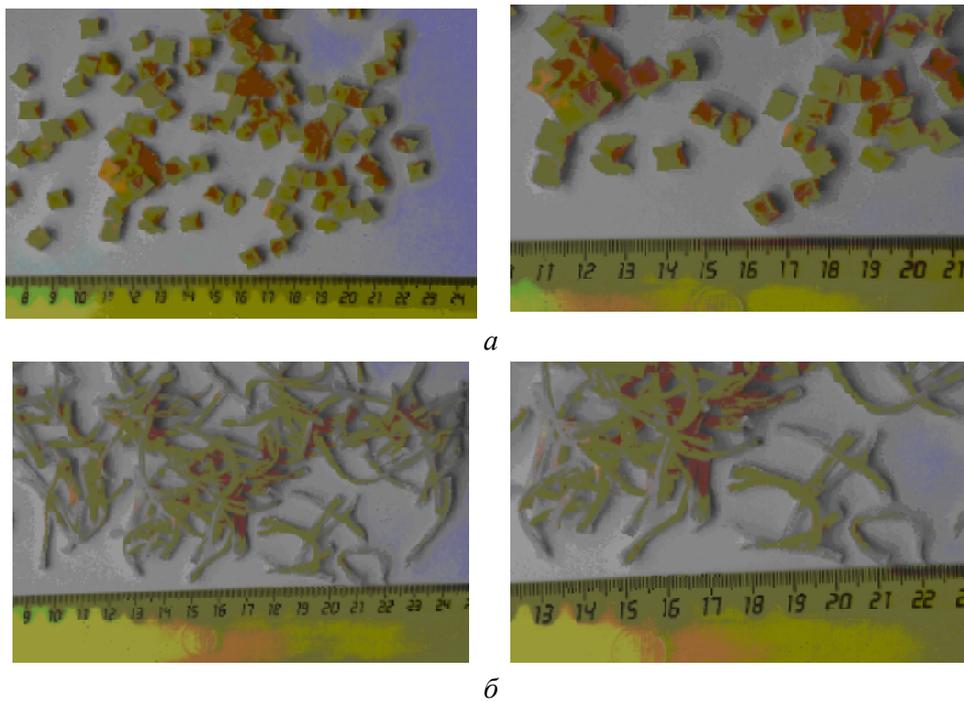


Рисунок 1 – Внешний вид сушеного картофеля (производство ОАО «Машпищепрод»): а – в виде кубиков; б – в виде соломки

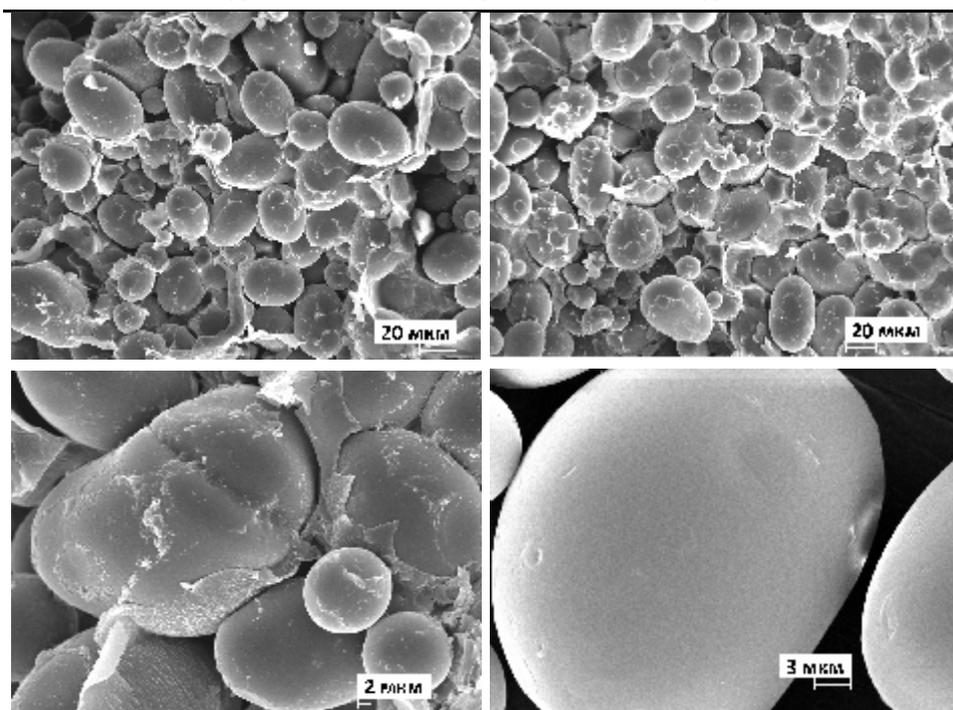


Рисунок 2 – Электронные микрофотографии сколов сушеного картофеля

**Технологический процесс.** В РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по продовольствию» создана эффективная отечественная технология производства сушеного картофеля. Технологическая процессуальная схема производства сушеного картофеля представлена на рисунке 3, комплекс производства – на рисунке 4.

**Подача картофеля в цех.** Картофель из овощехранилища подают в цех гидротранспортером или другими видами транспорта.

При подаче картофеля в цех без применения гидротранспортировки необходимо осуществлять сухую очистку клубней, поступающих на хранение или переработку, от соломы, песка и других загрязнений.

**Мойка клубней и отделение камней.** Картофель моют холодной водой в моечных машинах типа КМ-1, А9-КЛШ/1, Ш12-КПЛ/1 и других для удаления загрязнений с поверхности клубней. Для повышения качества мойки устанавливают последовательно две моечные машины.

Отделение камней осуществляют в моечных машинах, снабженных устройством для отделения камней или в камнеловушках системы Баранова, Рауде, ЛТП-62, ККМ-5 и др.

**Калибровка.** После мойки картофеля отделяют мелочь (проход через отверстия калибратора 5×5 см) и калибруют клубни на калибровочных машинах на три размера по наибольшему диаметру: мелкие клубни – проход

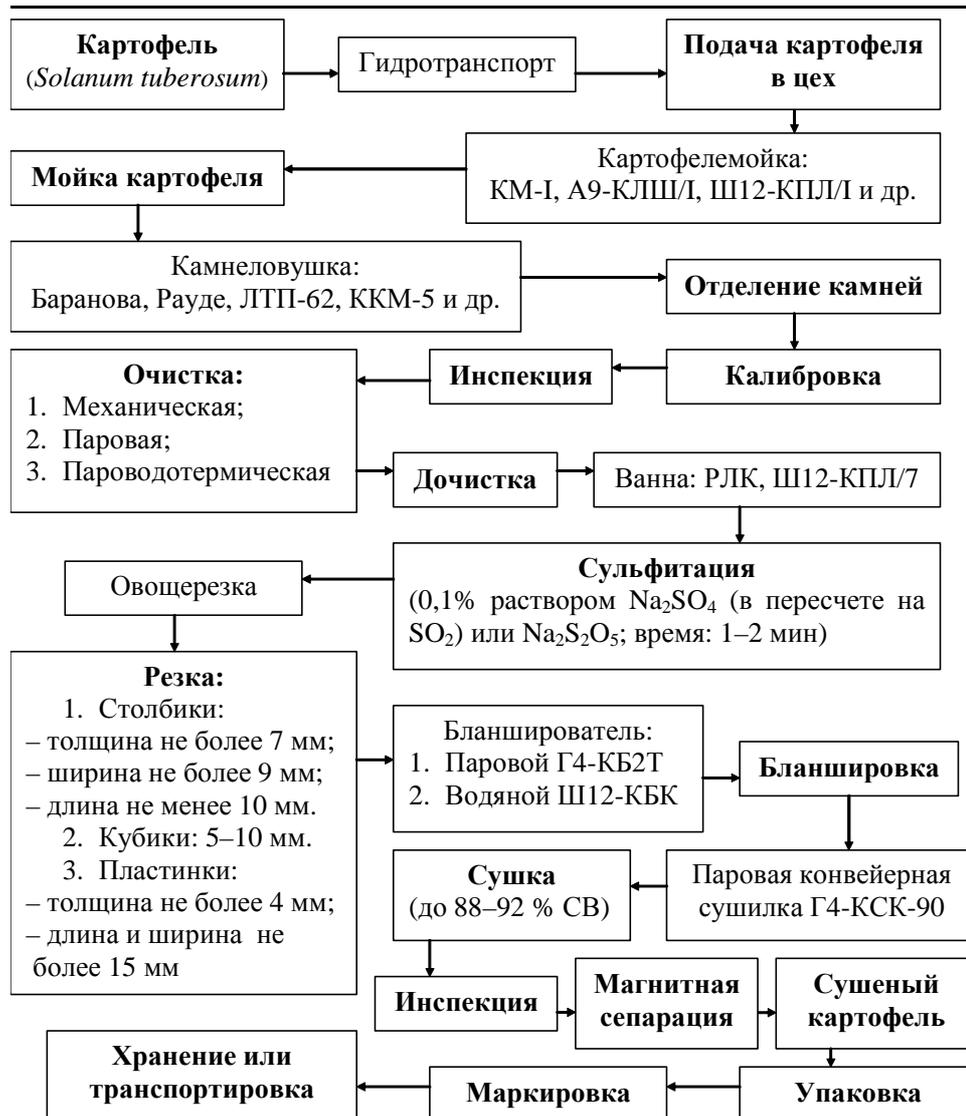


Рисунок 3 – Технологическая процессуальная схема производства сушеного картофеля

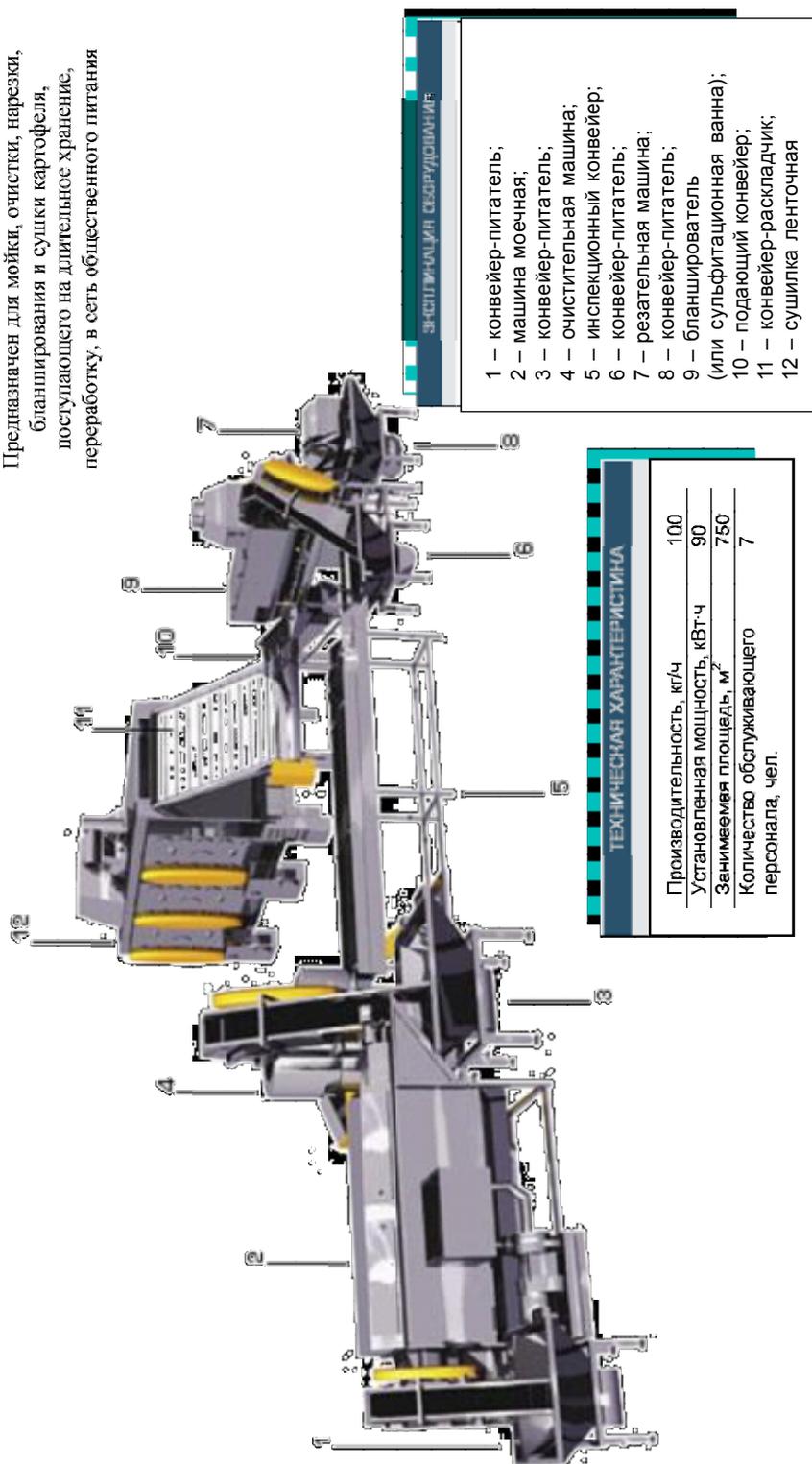
через отверстия 6×6 см, средние клубни – проход через отверстия 7×7 см, крупные клубни – сход с машины.

На дальнейшую обработку клубни картофеля по размерам поступают раздельно.

При очистке паровым способом калибровка картофеля может не производиться.

*Инспекция.* Картофель инспектируют на ленточном, роликовом или других транспортерах. В процессе инспекции удаляют большие, позеленевшие, подгнившие и механически поврежденные клубни. Скорость инспекционного

Предназначен для мойки, очистки, нарезки, бланширования и сушки картофеля, поступающего на длительное хранение, переработку, в сеть общественного питания



ЭНЕРГЕТИЧНИ СЪОРУЖЕНИЯ:

- 1 – конвейер-питатель;
- 2 – машина моечная;
- 3 – конвейер-питатель;
- 4 – очистительная машина;
- 5 – инспекционный конвейер;
- 6 – конвейер-питатель;
- 7 – резательная машина;
- 8 – конвейер-питатель;
- 9 – бланширователь (или сульфитационная ванна);
- 10 – подающий конвейер;
- 11 – конвейер-раскладчик;
- 12 – сушилка ленточная

ТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Производительность, кг/ч	100
Установленная мощность, кВт·ч	90
Занимаемая площадь, м <sup>2</sup>	750
Количество обслуживающего персонала, чел.	7

Рисунок 4 – Комплекс производства сушеного картофеля

транспортера регулируют в зависимости от качества сырья. Отбракованные в процессе инспекции, механически поврежденные клубни используют для производства крахмала, на кормовые или технические цели.

Очистка. После калибровки и инспекции картофель подают на очистку, которая осуществляется одним из применяемых в промышленности методов: механическим, паровым или пароводотермическим.

Механический способ очистки. Механическую очистку картофеля осуществляют в корнечистках с абразивной поверхностью периодического или непрерывного действия КА-350, КА-600, Ш12-КОУ и др. Продолжительность обработки клубней на корнечистке определяют опытным путем для каждой партии сырья в зависимости от размеров клубней. Отходы используют для переработки на крахмал, на кормовые или технические цели.

Паровой способ очистки. Картофель очищают паровым способом в очистительных машинах типа А9-КЛШ/30, А9-КЧЯ, ТА 19.00.000М путем обработки паром при избыточном давлении 0,3–1,0 МПа в течение 30–90 секунд с последующим мгновенным сбросом давления. Кожицу с поверхности клубней удаляют в моечно-очистительных машинах типа КМ-I, Ш12-КПЛ/3, Ш12-КПЛ/4. Для более качественной очистки клубней картофеля от кожуры и глазков устанавливают последовательно две моечно-очистительные машины, при этом в первой производят полусухую очистку с подачей незначительного количества воды, а во второй – мокрую очистку проточной водой.

Отходы, полученные при паровой очистке картофеля, используют на кормовые или технические цели.

Пароводотермический способ очистки. При пароводотермическом способе очистку картофеля производят на паротермическом агрегате по следующим технологическим режимам:

для мелких клубней	$\frac{2-1-1-4}{2,0-22-75-25}$ ;
для средних клубней	$\frac{2-2-1-8}{2,0-22-75-25}$ ;
для крупных клубней	$\frac{2-2-1-15}{2,0-18-75-25}$ ;

где в числителе указаны последовательно:

- продолжительность нагрева картофеля в автоклаве, мин;
- продолжительность бланширования картофеля в автоклаве (при избыточном давлении), мин;
- продолжительность доводки картофеля в автоклаве (при закрытых паровых вентилях, под давлением), мин;
- продолжительность окончательной доводки картофеля в автоклаве (при открытых вентилях спуска конденсата), мин;
- в знаменателе указаны последовательно:
  - давление пара в автоклаве при бланшировании картофеля, МПа;
  - число оборотов барабана моечно-очистительной машины, об/мин;

- температура воды в ванне термостата, °С;
- температура воды в ванне моечно-очистительной машины, °С.

Отходы при пароводотермическом способе очистки используют на кормовые или технические цели.

*Дочистка.* Очищенный одним из указанных способов картофель дочищают вручную, удаляя темные пятна, глазки, остатки кожицы и др.

*Сульфитация.* Очищенные клубни картофеля сульфитируют в ваннах типа РЛК, Ш12–КПЛ/7 и других 0,1 % раствором бисульфита натрия (в пересчете на SO<sub>2</sub>) или пиросульфита натрия в течение 1–2 мин.

Для получения 0,1 % раствора бисульфита натрия на каждый литр раствора расходуют 2 г метабисульфита натрия или 5,3 г водного раствора бисульфита натрия 30 % концентрации.

*Резка.* Резку картофеля осуществляют на овощерезках на столбики толщиной не более 7 мм, шириной не более 9 мм и длиной не менее 10 мм, кубики с размером граней 5–10 мм и пластинки толщиной не более 4 мм, длиной и шириной не более 15 мм.

После резки производят отсев мелочи на сотрясательных ситах с размером ячеек 4 мм и удаление крахмала с поверхности частиц нарезанного картофеля при помощи душевых устройств (для картофеля, очищенного пароводотермическим способом, душ не применяют).

*Бланширование.* При механическом и паровом способах очистки нарезанный и промытый картофель бланшируют в паровых бланширователях типа Г4-КБ2Т или в водяных бланширователях Ш12-КБК. В паровом бланширователе нарезанный картофель после промывки подвергают шпарке паром при температуре 95–99 °С в растворе, содержащем картофельную крошку, хлористый натрий и хлористый калий, взятые в соотношении (0,9–1,5):(0,5–0,8):(0,1–0,2). Указанную смесь вводят в количестве 1,5–2,5 % к массе воды. Полноту бланширования устанавливают реакцией на активность наиболее стойкого окислительного фермента – пероксидазы. Продолжительность термической выдержки – 3,5–4,5 мин.

*Сушка.* Сушку картофеля производят в паровых конвейерных сушилках до влажности не более 12 % и не более 8 %.

Режимы сушки картофеля, нарезанного столбиками сечением 6×7 мм, кубиками 8×8×8 мм или пластинами 10×10×4 мм, на паровой конвейерной сушилке Г4-КСК-90 представлены в таблице.

*Инспекция.* Высушенный картофель поступает на инспекцию, где отбраковывают дефектные частицы продукта: подгоревшие, с черными или серыми пятнами, с остатками глазков и кожицы, деформированные.

*Магнитная сепарация.* Для удаления металлопримесей сушеный картофель пропускают через магнитный сепаратор.

*Упаковка, маркировка, транспортировка и хранение.* В дальнейшем сушеный картофель упаковывают, маркируют и при необходимости транспортируют или хранят.

Таблица – Режимы сушки картофеля на паровой конвейерной сушилке Г4-КСК-90

Параметры	Режимы сушки на пятиленточной сушилке Г4-КСК-90 до массовой доли влаги	
	не более 12 %	не более 8 %
Загрузка картофеля в сушилку, кг/мин	15,5	11,0
Нагрузка на первую ленту, кг/м <sup>2</sup>	26,5	26,5
<i>Скорость движения лент, м/мин</i>		
I	0,29	0,21
II	0,24	0,17
III	0,25	0,18
IV	0,18	0,12
V	0,16	0,12
<i>Температура воздуха над лентами, °С</i>		
I	55–60	60–65
II	65–70	70–75
III	65–70	65–70
IV	55–60	55–60
V	40–45	40–45
Продолжительность сушки, мин	210	300
Расход воздуха, м <sup>3</sup> /ч	45 000	45 000

Сушеный картофель можно упаковывать россыпью или после брикетирования в фанерные ящики и барабаны емкостью 15–30 кг, выстланные изнутри подпергаментом или парафинированной бумагой, а также в крафт-мешки, пакеты и мешки из синтетических пленок или комбинаций их с бумагой или целлофаном.

Ящики и барабаны изготавливают из сухой древесины, не испорченной вредителями; жестяные банки – из луженой или черной лакированной жести.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по продовольствию» разработана высокоэффективная отечественная технология получения сушеного картофеля.

Производство сушеного картофеля заключается в последовательно осуществляемых технологических операциях: подача картофеля на предприятие (цех), мойка клубней и отделение камней, калибровка и инспекция картофеля, очистка (механическим, паровым или пароводотермическим способом очистки), доочистка и сульфитация картофеля, резка клубней, бланширование и охлаждение кусочков картофеля, сушка картофеля, инспекция, магнитная сепарация картофеля, упаковка, маркировка, транспортировка и хранение готового продукта – сушеного картофеля.

Исследована морфологическая структура сушеного картофеля при помощи фотографирования и сканирующей электронной микроскопии. Установлено, что в клетках сушеного картофеля сохраняются крахмальные гранулы.

## Список литературы

1. Бульба белорусская: энцикл. // А.О. Бобрик [и др.] / под общ. ред. И.И. Колядко. – Минск: Беларус. энцыклапедыя імя П. Броўкі, 2008. – 384 с.
2. Картофель и картофелепродукты / З.В. Ловкис [и др.]; РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию». – Минск: Беларуская навука, 2008. – с 537.
3. Сухое картофельное пюре. Блюда на его основе: справочник шеф-повара / З.В. Ловкис [и др.]. – Минск: Белпринт, 2013. – 214 с.

Поступила в редакцию 22.11.2015 г.

V.V. LITVYAK

**PRODUCTION TECHNOLOGY OF DEHYDRATED POTATO****SUMMARY**

*The production technology of dehydrated potato providing the following consistently carried out technological stages is developed: potato giving, tubers rinse, calibration and inspection, cleaning (mechanically cleanings or steam way of cleaning or steam-water-thermal cleaning way), tertiary treatment and sulfatation of potato, tubers cut, scalding and cooling of potato slices, drying and inspection of potato, magnetic potato separation, packing, marking, transportation and storage of ready-made product.*

*Key words:* potato, raw materials, technology, rinse, clearing, sulfatation, cut, scalding, drying, cut.

УДК 664.83

**В.В. Литвяк**

РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по продовольствию»,  
г. Минск

## **ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ КОНСЕРВИРОВАННОГО КАРТОФЕЛЯ**

### **РЕЗЮМЕ**

*Разработана технология производства консервированного картофеля, включающая в себя следующие последовательно осуществляемые этапы: мойка, очистка и доочистка картофеля, сульфитация, бланширование и охлаждение, приготовление заливки, фасовка продукта, подготовка тары и крышек, укупорка тары, стерилизация продукта, транспортировка и хранение готового продукта.*

*Ключевые слова:* картофель, сырье, технология, мойка, очистка, сульфитация, бланширование, заливка, стерилизация, консервация, тара.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Известно, что половину необходимой организму дозы витамина С человек получает с картофелем. Помимо этого витамина он содержит и другие – Е, D, Р и витамины группы В. У картофеля довольно высокая калорийность – почти в 2–3 раза выше, чем у других овощей. Основной энергетический материал данной культуры – углеводы, которые представлены главным образом крахмалом. Именно поэтому тем, кто склонен к полноте, картофель в рационе следует ограничить. Белок картофеля по своему составу близок к белкам животного происхождения. Его аминокислоты хорошо сбалансированы и поэтому легко усваиваются организмом человека. Особая ценность картофеля еще в том, что в отличие от других продуктов – поставщиков белка (например, мяса) – он оказывает ощелачивающее действие на организм человека. Это связано с тем, что в этом овоще много минеральных веществ и среди них соли калия, магния, железа, кальция, фосфора, хрома. Поэтому потребление картофеля благотворно сказывается при заболеваниях, связанных с нарушением обмена веществ (подагра, почечные заболевания). За счет подщелачивающего действия картофель помогает нейтрализовать излишки кислот в организме, образующихся в процессе обмена веществ. Избыток кислот в организме способствует преждевременному старению [1].

Цель исследования – разработать эффективную технологию получения консервированного картофеля.

### **ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Объектом исследований служили образцы консервированного картофеля.

Исследования проводили в соответствии с ГОСТ 7698-93, ГОСТ 8756.13-87, ГОСТ 10444.12-88, ГОСТ 10444.15-94, ГОСТ 24556-89, 25999-83, ГОСТ 26668-85, ГОСТ 26669-85, ГОСТ 26670-91, ГОСТ 30518-97, ГОСТ 30519-97 и другими техническими нормативными правовыми актами.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Общая характеристика продукта. Консервированный картофель – целые или нарезанные на 2 или 4 части клубни картофеля без темных пятен и глазков, расфасованные в стеклянные банки 1-82-1000 или 1-82-3000, или жестяные банки № 13 или № 14 и залитые почти прозрачной заливкой, укупоренные и стерилизованные.

Содержание пищевых веществ (калорийности, белков, жиров, углеводов, витаминов и минералов) на 100 г консервированного картофеля приведено в таблице 1.

Сырье и материалы. Для изготовления сушеного картофеля применяют следующее сырье и материалы:

- картофель свежий для переработки на продукты питания;
- пиросульфит натрия технический или натрия бисульфит технический, или метабисульфит натрия (водный раствор);
- соль поваренная пищевая не ниже первого сорта;
- кислота лимонная пищевая;
- кальций хлористый кристаллический;
- антибиотик низин (низаплин) отечественного или импортного производства или другой аналогичный;
- стеклянные банки 1-82-1000 или 1-82-300;
- крышки для стеклянных банок;
- жестяные банки № 13 или № 14.

Технологический процесс. Технология производства консервированного картофеля, разработанная в РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по продовольствию», представлена на рисунке.

*Мойка картофеля.* Поступающий на обработку картофель должен быть тщательно промыт от грязи, земли, песка. Если грязь попадает в очистное оборудование, это замедлит его работу, ускорит износ, а также повысит затраты на обслуживание.

На многих заводах картофель транспортируется от хранилища или приемного пункта к перерабатывающим цехам водой. Гидротранспортирование представляет собой экономичный способ транспортирования картофеля. В течение нескольких минут, необходимых для гидротранспортирования картофеля к цехам переработки, основная часть земли и сухой грязи размокает, смягчается и удаляется. Система гидротранспортирования должна обеспечивать повторную циркуляцию воды, что уменьшает затраты и снижает загрязнение. Эта система также должна включать приспособления для удаления

Таблица 1 – Содержание пищевых веществ (калорийности, белков, жиров, углеводов, витаминов и минералов) на 100 г консервированного картофеля

Показатель	Значение
<i>Пищевая ценность</i>	
Калорийность, ккал	44
Из них от:	
– белков	5
– жиров	1
– углеводов	38
Белки, г	1,2
Жиры, г	0,11
Углеводы, г	8,49
Пищевые волокна, г	1,4
Зола, г	0,98
Вода (H <sub>2</sub> O), г	87,83
Насыщенные жирные кислоты, г	0,029
<i>Витамины</i>	
Витамин В <sub>1</sub> (тиамин), мг	0,034
Витамин В <sub>2</sub> (рибофлавин), мг	0,02
Витамин В <sub>3</sub> (пантотеновая кислота), мг	0,174
Витамин В <sub>6</sub> (пиридоксин), мг	0,137
Витамин В <sub>9</sub> (фолиевая кислота), мкг	5
Витамин С (аскорбиновая кислота), мг	7,6
Витамин РР (ниациновый эквивалент), мг	0,889
<i>Макроэлементы</i>	
Кальций (Ca), мг	39
Магний (Mg), мг	14
Натрий (Na), мг	217
Калий (K), мг	205
Фосфор (P), мг	22
<i>Микроэлементы</i>	
Железо (Fe), мг	0,72
Цинк (Zn), мг	0,39
Медь (Cu), мкг	70,0
Марганец (Mn), мг	0,071
Селен (Se), мкг	0,7

камней, земли и шлама из воды. Камни и гравий могут быть удалены путем увеличения глубины потока.

Для мойки картофеля желательно иметь две моечные машины: лопастную и барабанную, что обеспечит снижение общей обсемененности картофеля примерно в 10 раз. Если это не обеспечится при мойке, оставшаяся микрофлора может попасть на очищенную ткань клубней и быстро развиваться. Это приведет к увеличению обсемененности готового продукта.



Рисунок – Технологическая процессуальная схема производства консервированного картофеля

*Очистка картофеля.* Очистка является одной из наиболее важных операций по обработке картофеля. Эффективность, производительность и методы очистки влияют на выход продукции, затраты труда на последующий контроль, количество отходов и стоимость удаления этих отходов.

При консервировании картофеля применяют в основном паротермический способ очистки картофеля. В процессе очистки паром картофель подвергается воздействию пара под высоким давлением, который быстро нагревает и размягчает слой под кожицей. После соответствующего нагрева паром картофель выгружается и находится под атмосферным давлением. Быстрое падение давления вызывает мгновенное, почти взрывообразное испарение влаги, что еще более интенсивно расслабляет кожицу.

При паротермической очистке необходимо правильно подобрать режим работы паротермического агрегата: температуру и давление (3,5–12 атм.) острого пара, время нахождения картофеля в условиях повышенной температуры

и пара (50–70 с). Режим обработки картофеля острым паром должен обеспечивать проваривание поверхности клубня на глубину не более 2–3 мм, что обеспечивает хорошее качество очистки и снижает количество отходов.

Существенным моментом при паротермической очистке является рабочее давление в аппарате, так как это влияет на последующее максимальное снятие кожуры в моечной машине и величину теплового кольца. Чем выше давление, тем уже кольцо и наоборот.

Необходимая глубина провариваемого слоя находится в прямой зависимости от строения клубня.

Крахмал находится в клетках коры и сердцевинки клубня. Но по своему строению, в зависимости от места нахождения они различны.

Снаружи клубень покрыт кожицей (перидермой), толщина ее 0,3–1,0 мм. Достаточное опробкование кожицы при закладке картофеля на хранение – обязательное условие снижения отходов и потерь.

Между корой и сердцевинной частью клубня картофеля в виде кольца расположен камбиальный слой. Клетки коры и сердцевинки, расположенные в непосредственной близости к камбиальному слою, наиболее богаты питательными веществами, особенно крахмалом. Центральная часть клубня отличается от внешней меньшей плотностью ткани, более высоким содержанием воды, меньшим содержанием сухих веществ и крахмала. Связь между клетками меньше. Поэтому, если клубни проварены на глубину до 3 мм, в этой области крахмал в виде клейстера плотным кольцом облегает центральную часть, уменьшает развариваемость клубней. Если проваренный слой более 3 мм, он затрагивает сердцевинную часть клубня, где связь между клетками слабее, что ведет к увеличению развариваемости при тепловой обработке.

*Дочистка картофеля.* Вслед за очисткой картофель требует ручной дочистки для удаления остатков кожицы, черных точек, заболеваний, следов вредителей и позеленений. Необходимая интенсивность дочистки зависит от эффективности процесса очистки.

При подаче на дочистку нельзя использовать для накопления емкости, моечные машины с корпусом из черного металла.

Транспортер дочистки должен иметь желоба вдоль каждой стороны для уноса обрезков и отбракованного картофеля. Для этой цели используются слабые потоки воды. С целью экономии воды желоба могут быть заменены резиновыми лентами или вибротранспортирующими лотками. Транспортер дочистки необходимо поддерживать в хорошем санитарном состоянии, так как наличие очисток кожуры, крахмала способствует быстрому размножению микроорганизмов в проваренном слое и повышению обсемененности картофеля.

*Сульфитация.* Поверхность очищенного картофеля на воздухе быстро темнеет в результате окисления. Предотвратить изменение цвета очищенного картофеля сколько-нибудь продолжительное время без принятия специальных мер невозможно.

Известен ряд способов, применяемых промышленностью для этой цели:

- в 2 %-м растворе поваренной соли;
- в 1 %-м растворе аскорбиновой кислоты;
- в 2 %-м растворе лимонной кислоты.

Однако их применение на практике ограничивается высокой стоимостью. Одним из самых активных веществ, ингибирующих ферментативное окисление и одновременно выполняющих функции восстановителя (снимающих с поверхности клубня кислород) и частично дезинфицирующих поверхность клубня, является сернистый ангидрид, который применяется в практике в чистом виде или в виде некоторых солей. Потемнение картофеля может быть предотвращено при помощи погружения его в раствор, содержащий один из перечисленных сульфопрепаратов:

- бисульфит натрия;
- пиросульфит натрия;
- метабисульфит натрия.

Дочищенный картофель можно хранить до переработки не более 1 часа в емкостях в водном растворе (температура которого должна быть в пределах 4–10 °С), содержащем 0,1–0,3 % одного из вышеназванных сульфопрепаратов.

Перед бланшированием картофель необходимо подвергнуть интенсивному душированию для удаления остаточного количества сульфопрепаратов.

*Бланширование и охлаждение.* Дочищенный картофель перед фасовкой бланшируют паром или водой.

В случае использования некалиброванного картофеля, резки его на части бланширование обязательно. При использовании водяного бланширователя БК-2 необходимо контролировать сменяемость воды, ее температуру (95–100 °С), время бланширования (1–2 мин).

Можно использовать бланширователь марки Ш-12-КЛШ/33-11, который более удобен в эксплуатации, имеет небольшие габариты.

Охлаждение картофеля после бланшировки производится до температуры  $50 \pm 5$  °С. Категорически запрещается хранение картофеля перед наполнением.

Если картофель калиброван по размеру, нет глубокой дочистки и резки на 2, 4 части, не обрабатывался сульфопрепаратом и процесс хорошо организован технологически – бланширование можно не проводить.

*Приготовление заливки.* Заливку для данного вида консервов готовят в двухкотельных котлах с мешалкой марки М32С-374 и М32С-244А, вместимостью 0,15–0,3 м<sup>3</sup>.

Готовую заливку фильтруют через полотняный фильтр.

В состав заливки входят следующие компоненты:

- соль поваренная пищевая не ниже первого сорта;
- кислота лимонная пищевая;
- кальций хлористый кристаллический;
- антибиотик низин (низаплин) отечественного или импортного производства – кристаллический порошок, без запаха, растворимый в слабокислой

среде; активность препаратов низина контролируется; она должна быть 1 000 000 ед. Ридинга.

Для приготовления заливки необходимо иметь два котла. Готовить ее надо небольшими порциями, чтобы она не оставалась и повторно ее не направлять на нагрев. Емкость, из которой идет фасовка заливки, должна быть небольшой, чтобы температура не снижалась ниже 90 °С.

При приготовлении заливки необходимо строго соблюдать очередность закладки компонентов. В горячую воду добавляют соль (2 %), кипятят 1–2 мин. Затем в горячий раствор добавляют лимонную кислоту в количестве 0,1 %, кальций хлористый кристаллический – 0,12 % и низин (низаплин) – 0,024 % к заливке. Заливку помешивают до полного растворения всех внесенных компонентов и фильтруют.

Низин (низаплин) хорошо растворяется в кислой среде, поэтому он добавляется последним. Кипячению заливка после внесения антибиотика не подлежит, так как это приводит к ее разрушению. Температура заливки при фасовке должна быть не ниже 90 °С.

*Фасовка продукта.* Продукт фасуют в стеклянные банки 1-82-1000, 1-82-3000 и жестяные банки № 13 и № 14. При фасовке в банки необходимо следить за соблюдением соотношения картофеля и заливки, отсутствием перенаполнения (табл. 2). При несоблюдении соотношения картофеля и заливки нарушается дозировка антибиотика и температура продукта перед стерилизацией, что скажется на стерильности консервов в процессе хранения. Кроме того, при стерилизации происходит деформация жестяных банок с нарушением герметичности бокового шва или подрыв крышек в стеклянной таре. Соблюдение этого параметра особенно важно при фасовке в стеклобанки.

Проверка массы нетто должна проводиться не реже 1 раза в час от каждого фасовщика.

*Подготовка тары и крышек.* Узлы подготовки тары должны быть рядом с узлом фасовки.

Необходимо обеспечить тщательный контроль подготовки тары и крышек (замочки, мойки, ополаскивания, шприцевания, шпарки и проверки на герметичность).

Жестяные банки при подаче на наполнение подвергаются шприцеванию и шпарке на подающем транспортере или в специальных моечных машинах.

Таблица 2 – Соотношение составных частей при наполнении

Обозначение банки	Масса нетто, г	Соотношение, %	
		картофеля	заливки
13	860	58–60	42–40
14	3000	58–60	42–40
1-82-1000	1000	55–57	45–43
1-82-3000	3000	58–60	42–40

Перед подачей на наполнение жестяные банки подвергаются контролю на герметичность.

Для контроля герметичности сборных банок отбирают 300 банок от партии. При получении хотя бы одной банки негерметичной проводят инспекцию удвоенного количества банок. Герметичность швов банок проверяют воздушно-водяным тестером в течение 10 с под давлением для банок вместимостью до 1000 см<sup>3</sup> и диаметром до 100 мм – 90–100 кПа (0,09–1,1 кгс/см<sup>2</sup>), для банок вместимостью свыше 1000 см<sup>3</sup> и диаметром 100–153 мм – 85–95 кПа (0,085–0,095 кгс/см<sup>2</sup>), для банок диаметром более 153 мм – 70–80 кПа (0,07–0,08 кгс/см<sup>2</sup>).

*Укупорка тары.* Укупорка консервных банок с продукцией производится на закаточных машинах. Рекомендуется при укомплектовании линии оборудованием использовать вакуумные укупорочные машины. Это будет способствовать сохранению витаминов и предотвращать потемнение консервированного картофеля и заливки, а также способствовать более правильному ведению процесса стерилизации и предотвращать ухудшение состояния тары и крышек в процессе хранения.

Необходимо строго следить за герметичностью укупоривания банок, наполненных продуктом.

*Стерилизация продукта.* После фасовки и укупорки банки с продукцией должны немедленно поступать на стерилизацию. Разрыв между укупоркой банок и их стерилизацией свыше 30 мин не допускается.

В момент загрузки консервов в автоклав температура воды в нем должна быть не ниже 70 °С, то есть выше температуры продукта в банке на 10–12 °С. Это способствует быстрому дальнейшему прогреву продукта и правильному проведению процесса стерилизации.

Проводить стерилизацию рекомендуется в двухкорзиночных автоклавах, оборудованных контрольно-регистрирующими самопишущими приборами. Работа на автоклавах с неисправными термографами или на автоклавах без термографов запрещается.

Следует строго соблюдать установленный режим стерилизации (температура, продолжительность и давление в автоклаве) с обязательной записью в особый журнал фактических данных о времени подъема температуры, продолжительности стерилизации и охлаждения консервов.

Необходимо обратить внимание на правильное соотношение температуры и давления в автоклаве во избежание срыва крышек в консервах, расфасованных в стеклянные банки (табл. 3).

Охлаждение до температуры воды 40 °С ведут в течение времени, указанного в формуле режима стерилизации. Чтобы предотвратить дальнейшее разваривание клубней картофеля, охлаждение нужно производить до температуры воды в автоклаве 20 °С за счет дополнительного времени. Консервы в стеклянной таре должны храниться на складе готовой продукции в темном месте с целью сохранения цвета картофеля и заливки.

Таблица 3 – Соотношение давления и температуры в автоклаве

Температура, °С	Суммарное давление		Температура, °С	Суммарное давление	
	кн/м <sup>2</sup>	кг/м <sup>2</sup>		кн/м <sup>2</sup>	кг/м <sup>2</sup>
<i>Стерилизация продукции в стеклотаре при 100 °С</i>					
35–45	39,2	0,4	100	166,7–176,5	1,7–1,8 в течение всего периода стерилизации
46–60	78,4	0,8	99–80	156,9	1,6
61–65	98,1	1,0	79–65	156,9	1,6
66–80	137,3	1,4	64–50	127,4	1,3
81–90	156,9	1,6	49–35	107,8	1,1
91–100	176,5	1,8	34–26	78,4	0,8 постепенное снижение давления до атмосферного
<i>Стерилизация продукции в стеклотаре при 120 °С</i>					
35–45	39,2	0,4	119–80	245,1	2,5
46–60	78,4	0,8	79–75	215,7	2,2
61–65	98,1	1,0	74–60	196,1	2,0
66–80	156,9	1,6	59–40	176,5	1,8
81–90	176,5	1,8	39–35	156,9	1,6
91–100	196,1	2,0	34–25	137,3	1,4
101–105	225,6	2,3	25		Постепенное снижение давления до атмосферного
106–120	254	2,6	–	–	–
120	254–264	2,6–2,7 в течение всего периода стерилизации	–	–	–

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по продовольствию» разработана высокоэффективная технология консервирования картофеля.

Получение консервированного картофеля включает следующие последовательно осуществляемые технологические процессы: мойка, очистка и доочистка картофеля, сульфитация, бланширование и охлаждение картофеля, приготовление заливки, фасовка продукта, подготовка тары и крышек, укупорка тары, стерилизация продукта, транспортировка и хранение готового продукта – консервированного картофеля.

Список литературы

1. Картофель и картофелепродукты / З.В. Ловкис [и др.]; РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию». – Минск: Беларуская навука, 2008. – С. 537.

Поступила в редакцию 22.11.2015 г.

V.V. LITVYAK

**TECHNOLOGY OF RECEPTION OF TINNED POTATO**

**SUMMARY**

*Technological manufactures of tinned potato including following consistently carried out stages: a sink, clearing and secondary clearing of potato, processing by chemical reagents of potato, blanching and potato cooling, pouring preparation, product packing, preparation of container and covers, container closing, product sterilisation, transportation and storages of a ready product are developed.*

*Key words:* potato, raw materials, technology, washing, clearing, processing by chemical reagents, blanching, pouring, sterilisation, preservation, container.

Научное издание

КАРТОФЕЛЕВОДСТВО  
СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ

ТОМ 23

Основан в 1970 году

Ответственный за выпуск Н.Н. Стефанькина

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 24.12.2015. Формат 70×100 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная.  
Ризография. Усл. печ. л. 17,71. Уч.-изд. л. 16,03. Тираж 100 экз. Заказ 54.  
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.