

ISSN 0134-9740

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



КАРТОФЕЛЕВОДСТВО

Сборник научных трудов

**Том 21
В 2 частях
Часть 1**

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

POTATO-GROWING

Proceedings

Volume 21

Минск 2013

УДК 635.21

Картофелеводство: сб. науч. тр.: В 2 ч. / РУП «Науч.-практ. центр НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству»; редкол.: С.А. Турко (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2013. - Т. 21.–Ч.1 – 300 с.

Издание основано в 1970 г.

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

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

Editor-in-chief S.A. Turko
Deputy editor-in-chief G.I. Piskun
Responsible secretary I.N. Dauhaliova

Editorial staff: I.I. Busko, N.N. Goncharova, S.I. Grib, A.P. Ermishin, A.V. Kilchevskiy, V.A. Kozlov, L.N. Kozlova, Z.A. Kozlovskaya, I.I. Kolyadko, V.L. Makhanko, O.V. Makhanko, E.V. Radkovich, I.A. Rodkina, N.V. Rusetskiy, L.V. Sorochinckiy, D.D. Fitsuro, A.V. Chashinsky, G.A. Yakovleva.

© РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству»

СОДЕРЖАНИЕ

Раздел 1. Селекция картофеля

<i>Авдиенко О.В., Авдиенко В.Г., Лобачев Д.А.</i> , Оценка сортов картофеля по устойчивости к отрицательному влиянию биотических и абиотических факторов.....	6
<i>Гончарова Н.Н.</i> Генетические аспекты подбора пар при селекции сортов картофеля технического назначения	13
<i>Дударова Л.М.</i> Подбор сортов и обеспечение качества семенного картофеля – основные факторы повышения урожайности.....	28
<i>Маханько В.Л., Незаконова О.Б.</i> Оценка дифференцирующей способности разных по гранулометрическому составу почв	35
<i>Осипчук А.А., Сидорчук В.И., Фурдыга Н.Н.</i> Селекция картофеля в Украине	40
<i>Партоев К.</i> Селекция картофеля проявление гетерозиса у гибридов картофеля (<i>SOLANUM TUBEROSUM</i> L.) «по признаку масса 1000 семян» в условиях горной зоны Таджикистана	46
<i>Пискун Г.И., Козлова Л.Н.</i> Оценка гибридных комбинаций картофеля по степени проявления признаков содержание амилозы и амилопектина.....	52
<i>Подгаецкий А.А., Коваленко В.Н.</i> Норма реакции генотипов сортов белорусской селекции на условия выращивания по продуктивности.....	62

Раздел 2. Исходный материал

<i>Воронкова Е.В., Полюхович Ю.В., Маханько О.В., Савчук А.В., Гукасян О.Н., Лукша В.И., Ермишин А.П.</i> Оценка диплоидной расщепляющейся гибридной популяции с целью изучения генетического контроля и маркирования нового гена устойчивости к фитофторозу, интрогрессированного от <i>Solanum bulbocastanum</i>	72
<i>Козлов В.А.</i> Использование мейотической полиплоидии в создании исходного материала картофеля.....	84
<i>Козлов В.А., Чащинский А.В., Русецкий Н.В., Шутинская И.А.</i> Вовлечение в практическую селекцию межвидового гибридного материала картофеля, полученного на основе редко используемых диких видов	93
<i>Красавин В.Ф., Мошняков А.Н., Шарипова Д.С., Койбагаров Е.С., Красавина В.К.</i> Изучение коллекции картофеля по основным	

Картофелеводство. Т. 21. 2013. 2. 1

хозяйственно-ценным признакам на юго-востоке Казахстана.....	104
<i>Подгаецкий А.А., Кравченко Н.В., Крючко Л.В.</i> Перспективность исходного селекционного материала картофеля с участием мексиканских диких видов для практической селекции по продуктивности.....	113
<i>Подгаецкий А.А., Горбась С.Н.</i> Фенотипическое проявление содержания крахмала среди сложных межвидовых гибридов картофеля и их потомства	123
<i>Полюхович Ю.В., Воронкова Е.В., Савчук А.В., Ермишин А.П.</i> Использование <i>Solanum verrucosum</i> для преодоления односторонней несовместимости в скрещиваниях с аллотетраплоидными дикими видами картофеля.....	136
<i>Яковлева Г.А., Семанюк Т.В., Дубинич В.Л., Монархович С.В., Родькина И.А., Маханько О.В., Щурко К.А.</i> Расширение генофонда картофеля посредством межвидовой соматической гибридизации.....	146
Раздел 3. Биотехнологические методы в селекции и семеноводстве картофеля	
<i>Евдокимова З.З., Калашник М.В.</i> Использование генетических резервов сложных межвидовых гибридов в селекции картофеля.....	161
<i>Ермишин А.П.</i> Особенности использования ДНК-маркеров в селекции картофеля	169
<i>Павлючук Н.В., Волуевич Е.А., Маханько В.Л., Русецкий Н.В.</i> Метод мультиплексной ПЦР для поиска генотипов картофеля, устойчивых к Y- и S- вирусам.	184
<i>Родькина И.А., Улитина Н.С., Яковлева Г.А.</i> Горизонтальный перенос чужеродных генов при испытании трансгенных образцов с геном белка оболочки Y-вируса картофеля в полевых условиях.....	193
<i>Травина С.Н., Абакишина С.В., Жигadlo Т.Э.</i> Оценка белорусских сортов картофеля из коллекции вир в условиях Мурманской области.....	211
Раздел 4. Иммуитет и защита растений	
<i>Бусько И.И., Коломиец Э.И., Ананьева И.Н., Молчан О.В.</i> Биопрепарат Бактосол в защите картофеля от болезней во время вегетации.....	220
<i>Бусько И.И., Михаленя О.Н., Манцевич Л.А., Горенко Т.В.</i> Эффективность препарата Целест-Топ, КС в защите картофеля от ризоктониоза.....	228

<i>Валуева Т.А., Кудрявцева Н.Н., Гвоздева Е.Л., Софьин А.В., Побединская М.А., Еланский С.Н. Протеолитические ферменты, секретируемые двумя изолятами гриба <i>Alternaria solani</i> Sorauer...</i>	234
<i>Войтка Д.В., Герасимович М.С. Биологическая активность новых штаммов энтомопатогенных нематод по отношению к <i>LEPTINOTARSA DECEMLINEATA</i> SAY (Coleoptera, Chrysomelidae).....</i>	247
<i>Горенко Т.В., Бусько И.И., Михаленя О.Н., Манцевич Л.А., Леванцевич И.В., Вагера С.М. Эффективность препарата Нью-Филм-17, в защите картофеля от фитофтороза и альтернариоза.....</i>	254
<i>Михаленя О.Н., Ильяшенко Д.А., Бусько И.И. Грибы рода <i>Fusarium</i> паразитирующие на картофеле в условиях Беларуси.....</i>	261
<i>Мыца Е.Д., Побединская М.А., Еланский С.Н. Влияние некоторых пестицидов на рост и образование ооспор оомицетом <i>RHYTOPIHTHORA INFESTANS</i> (MONT.) DE BARY.....</i>	282
<i>Трейкале О., Вилсанс М., Вигуле З., Пугачева Е. Изучение эффективности нового фунгицида Орвего для защиты картофеля от фитофтороза.....</i>	291

РАЗДЕЛ 1. **СЕЛЕКЦИЯ КАРТОФЕЛЯ**

УДК 635.21:631.52

ОЦЕНКА СОРТОВ КАРТОФЕЛЯ ПО УСТОЙЧИВОСТИ К ОТРИЦАТЕЛЬНОМУ ВЛИЯНИЮ БИОТИЧЕСКИХ И АБИОТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ

Авдиенко О.В., Авдиенко В.Г., Лобачев Д.А.,
ФГБОУ ВПО «Ульяновская государственная сельскохозяйственная
академия им. П.А. Столыпина»
E-mail:olga_avdienko1@mail.ru;
E-mail:avdienko.vg@mail.ru;
E-mail:den4891@mail.ru;

РЕЗЮМЕ

В работе приводится оценка сортов картофеля разных групп спелости, выделившихся за период 2008–2012 гг. по продуктивности, вкусовым качествам, устойчивости к стрессовым факторам внешней среды и иммунитету к различным видам заболеваний.

Сорта картофеля, устойчивые к биотическим и абиотическим факторам, широко востребованы как в крупных товаропроизводящих хозяйствах, так и в хозяйствах поселений, фермерских хозяйствах.

Ключевые слова: сорта картофеля, адаптация, абиотические факторы, биотические факторы, продуктивность, устойчивость, продуктивность.

ВВЕДЕНИЕ

Сорт как один из основных элементов инновационной технологии позволяет совершенствовать всю систему сельскохозяйственного производства и повышать его рентабельность на этапе выращивания – за счет более высокой устойчивости к болезням, вредителям и неблагоприятным условиям среды. На этапе реализации – за счет более высокой урожайности и высокого качества продукции. Подбор устойчивых сортов позволяет также без применения дополнительных затрат существенно улучшать экологическую обстановку природной среды.

Для получения объективной оценки сортов и гибридов картофеля по устойчивости к абиотическим факторам нами проведен сравнительный анализ урожайности и товарности сортов картофеля в более благоприятные (2008, 2011 и 2012) и экстремальные (2009 и 2010) для

развития картофеля вегетационные периоды. Следует отметить, что в 2011 году, при соблюдении своевременных агротехнических мероприятий по посадке, уходу и уборке картофеля создались наиболее благоприятные условия и получен наивысший урожай клубней за сравнительный 5-летний период (таблица 1) по всем изучаемым сортам картофеля.

Таблица 1 – Сравнительная оценка сортов по устойчивости к абиотическим факторам по результатам урожайности и структуре урожая

№ п/п	Сорт	Урожайность, т/га						Товарность клубней, % (среднее за 5 лет)
		2008 г.	2009 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.	среднее	
1	Ароза	17,8	11,8	9,4	43,8	37,6	24,1	61,4
2	Скарлетт	14,8	15,6	4,8	37,7	-	18,2	51,3
3	Каратоп	21,3	18,8	6,9	23,8	11,3	16,4	47,8
4	Луговской	31,6	17,4	5,2	37,3	34,7	25,2	57,6
5	Ильинский	27,3	13,3	3,5	30,6	32,4	21,4	55,8
6	Факел	25,0	20,5	15,8	34,0	34,8	26,0	57,8
7	Самарский	16,3	11,3	4,3	38,1	-	17,5	41,3
8	Латона	21,4	10,9	2,6	37,2	-	18,0	38,5
9	Крепыш	20,3	8,7	4,1	41,4	37,4	20,6	59,4
10	Бриз	18,5	30,1	6,7	37,1	-	23,1	45,5
11	Удача	28,2	12,5	6,4	37,8	48,9	26,8	57,4
12	Свияжский	28,7	18,5	1,3	33,1	28,7	22,1	56,0
13	Осенняя роза	18,4	22,8	2,5	36,0	-	19,9	50,5
14	Лютеция	19,4	12,2	3,2	27,0	-	15,5	41,0
15	Редстар	12,7	12,0	3,0	27,6	35,4	18,1	46,2
16	Агрия	9,8	19,7	4,9	30,0	-	16,1	23,3
17	Розара	12,1	10,7	3,3	28,5	27,8	16,5	44,6
18	Симбирянин	22,3	13,4	7,9	28,0	26,4	19,6	58,4

Вместе с тем, наблюдалось и неравномерное формирование урожая по сортам, а также товарности клубней. По устойчивости к абиотическим факторам и по показателям урожайности и товарности, выделились следующие сорта картофеля: Ароза, Скарлетт, Луговской, Самарский, Латона, Крепыш, Бриз, Осенняя роза. Наиболее урожайным в 2010 году оказался сорт Факел. Данный сорт во все годы исследований показал наиболее стабильные результаты, хотя в более благоприятные 2011 – 2012 годы урожайность его была несколько ниже, чем у отмеченных выше

сортов. Тем не менее, данный сорт, обладающий повышенной устойчивостью к экстремальным условиям. Сорт Ароза можно будет использовать в качестве материнской или отцовской линии для последующей гибридизации, с целью закрепления признаков жаро- и засухоустойчивости в будущем потомстве.

Оценка сортообразцов картофеля выявила, что в неблагоприятные для развития картофеля годы меняются и биохимические свойства клубней. В наших исследованиях наблюдалась тенденция деления сортов на две группы. Одна группа увеличивала содержание крахмала в экстремальные годы, другая – напротив, снижала крахмалистость с одновременным ухудшением вкусовых качеств. К группе, увеличивающих содержание крахмала, были отнесены сорта Скарлетт, Каратоп, Луговской, Ильинский, Факел, Латона, Крепыш, Бриз, Свияжский, Редстар, Агрия (таблица 2). Ухудшили при этом вкусовые качества сорта Скарлетт, Свияжский и Редстар.

Таблица 2 – Сравнительная оценка сортов по устойчивости к абиотическим факторам по крахмалистости и вкусовым качествам вареного картофеля (среднее за 2008–2012 гг.)

№ п/п	Сорт	Крахмалистость, %	Вкус, балл
1	Ароза	12,7	3,9
2	Скарлетт	19,2	3,5
3	Луговской	16,6	3,6
4	Ильинский	15,7	3,8
5	Самарский	13,9	3,9
6	Латона	14,3	3,9
7	Крепыш	14,3	2,9
8	Бриз	16,3	3,6
9	Удача	13,2	3,8
10	Свияжский	13,7	3,3
11	Осенняя роза	14,1	3,6
12	Лютеция	12,8	3,6
13	Редстар	16,4	3,8
14	Агрия	12,8	3,3
15	Розара	14,0	3,8
16	Симбирянин	12,7	3,9
17	Факел	17,7	3,6
18	Каратоп	15,3	3,7

В то же время ухудшение оводненности почвы, высокие экстремальные температуры вызвали на большинстве сортов снижение крахмалистости и ухудшение вкусовых качеств.

Одним из эффективных резервов повышения продуктивности является мобилизация почвенно-климатических ресурсов региона с учетом особенностей формирования урожая картофеля.

Наиболее перспективным направлением этой работы является создание и внедрение новых сортов, адаптивных к местным условиям и уровню развития технологии их выращивания.

Для интродукции создаваемых сортов, наиболее полно соответствующих экологическим особенностям во внедряемых почвенно-климатических зонах, необходима информация об их дифференциации и отношении к конкретной среде.

Комплексная оценка сортов и гибридов картофеля по устойчивости к биотическим факторам среды, выполненная на протяжении последних 10 лет показала, что отдельные сорта проявляют длительный по периодам вегетации иммунитет к различным видам заболеваний (таблица 3).

Таблица 3 – Оценка сортов и гибридов картофеля по устойчивости к биотическим факторам вегетационного периода (по результатам исследований 2008 – 2012 гг. (среднее))

№ п/ п	Сорт	Поражаемость болезнями, балл				Поврежда- емость колорадским жуком, балл	Сумма , баллы
		фито фтор оз	пар ша	ризокто ниоз	вирусы		
1	Ароза	3	-	-	3	5	11
2	Скарлетт	3	3	3	5	5	19
3	Луговской	3	3	3	3	5	17
4	Ильинский	5	3	3	5	5	21
5	Самарский	5	7	5	7	5	29
6	Латона	7	7	5	7	9	35
7	Крепыш	7	7	5	5	3	27
8	Бриз	3	5	5	3	7	23
9	Удача	5	5	3	3	3	19
10	Свияжский	5	7	5	3	5	25
11	Осенняя роза	3	3	3	3	5	17
12	Лютесция	7	7	5	7	9	35
13	Редстар	7	5	3	5	7	27
14	Агрия	7	7	7	5	5	31
15	Розара	5	3	3	5	5	21
16	Симбиряни н	5	5	3	7	7	27
17	Факел	5	7	5	7	5	29
18	Каратоп	5	7	3	9	5	29

Так, наиболее устойчивыми к парше оказались сорта Скарлетт, Луговской, Бриз и Осенняя роза.

Даже в экстремально засушливые периоды на отмеченных сортах отмечались лишь незначительные пятна парши на отдельных клубнях, причем на сформировавшихся в более ранние сроки, т.е. на более биологически старых клубнях одного и того же куста. На сорте Ароза признаков заболевания клубней паршой не обнаружено, или имелись небольшие редкие язвочки на поверхности клубня.

Устойчивость сортов и гибридов картофеля к фитофторозу оценивалась в наиболее эпифитотийные годы. Оценка проводилась как по ботве, так и по клубням. В представленной таблице 3 показаны заболевания фитофторозом по клубням.

Выявлено, что слабая степень поражения клубней фитофторозом отмечена на большинстве изучаемых сортов и гибридов. Это связано с ранее проведенной жесткой браковкой сортов при проведении производственных испытаний в полевых условиях. Таким образом, относительно слабая устойчивость к фитофторозу отмечена на сортах Латона, Крепыш, Лютеция, Редстар, Агрия. Следует отметить, что отмеченные сорта обладали еще и более длительным периодом вегетации ботвы, что в совокупности и способствовало, очевидно, высокой степени поражаемости болезнями.

Изучаемые сорта, даже в засушливые годы, а также при длительном нахождении клубней в почве после увядания ботвы, повреждались ризоктониозом незначительно. Очевидно здесь так же сказался фактор жесткой браковки сортов, имеющих слабый иммунитет к данному виду заболевания. Имеющиеся на поверхности клубней конидии ризоктониоза, с поражениями более 25% (5 баллов), отмечены на сортах Самарский, Латона, Крепыш, Бриз, Свяжский. Сорт Агрия имел в засушливые годы повреждения на более 30% поверхности.

Одним из показателей долголетия сорта является устойчивость сорта к различным видам вирусных заболеваний.

В наших исследованиях одни сорта быстро теряли иммунитет к вирусной инфекции уже в первые 3–4 года испытаний (Каратоп, Факел, Самарский, Латона и Симбирянин) и, имея в первые годы высокую продуктивность, снижали ее на 40–60% при последующем репродукции, поэтому требовали оздоровления или замены на другие сорта. В тоже время на отдельных сортах наблюдались признаки высокой устойчивости к вирусным заболеваниям и слабая скорость вырождения. В частности, на протяжении пяти и даже десяти лет исследований сорта Ароза, Луговской, Бриз, Удача, Свяжский и Осенняя роза в процессе изучения, даже без элементарного клонового отбора, незначительно увеличили инфекционный фон.

Наиболее устойчивыми к повреждению колорадским жуком оказались сорта Удача и Крепыш. В первую очередь заселялись жуками и повреждались сорта Латона, Бриз, Редстар и Симбирянин. На большинстве

сортов было повреждено личинками до 50% листьев и мы вынуждены были провести обработку питомников инсектицидами.

В таблице 3 оценка устойчивости к биотическим факторам проводилась по шкале, принятой международной организацией ФАО, по которой чем ниже балл, тем более устойчив к заболеваниям изучаемый вид. Таким образом, суммируя общую устойчивость, было выявлено, что наиболее подходящими для возделывания в Ульяновском регионе являются сорта Ароза, Луговской, Удача и Осенняя роза. Самая высокая устойчивость к биотическим факторам отмечена на сорте Ароза.

Литература

1. Анисимов, Б.В., Коршунова М.А. Сортовые ресурсы и рынок семенного картофеля. // Картофель и овощи, № 4, 2004 г., М., с. 24–25
2. Гуськова, Л.А., Евдокимова З.З., Лебедева В.А., Лиманцева Л.А. Новые нематодоустойчивые сорта картофеля. «Использование мировых генетических ресурсов ВИР в создании сортов картофеля нового поколения». С-Пб, 29–29 июля 2009 г., С. 193-198.
3. Евдокимова, З.З. Создание высокопродуктивных скороспелых сортов картофеля нового поколения, устойчивых к фитофторозу и стрессовым факторам среды//Актуальные проблемы современной индустрии производства картофеля. - Материалы научно-практич. конф. «Картофель 2010». – Чебоксары, 2010. – С. 49 – 53.
4. Методика физиолого-биохимических исследований картофеля. Тр.НИИКХ 1990. 148С.
5. Методика оценки устойчивости картофеля к вредителям, болезням и иммунитету. М., 1994. 165 С.
6. Яшина, И.М. Значение сорта в современных технологиях производства картофеля// Актуальные проблемы современной индустрии производства картофеля. – Материалы научн.-практич. конф. «Картофель 2010». – Чебоксары, 2010. – С. 41 – 44.

**ASSESSMENT OF POTATO VARIETIES FOR RESISTANCE TO THE
NEGATIVE INFLUENCE OF BIOTIC AND ABIOTIC FACTORS.**

AVDIENKO O.V., AVDIENKO V.G., LOBACHEV D.A.

SUMMARY

The paper presents data of potato varieties of different maturity classes, evolved for the period 2008–2012, characterising them as productivity, taste qualities, resistance to stress factors of the external environment and immunity to various diseases.

Potato varieties resistant to biotic and abiotic factors, and widely in demand as in the farms of rural / urban settlements, farms, as well as in large manufacturing enterprises.

Key words: potato varieties, adaptation, abiotic factors biotic factors productivity.

Поступила в редакцию 04.04.2013 г.

УДК 635.21:631.527.53:631.526.32(476)

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПОДБОРА РОДИТЕЛЬСКИХ ПАР ПРИ СЕЛЕКЦИИ СОРТОВ КАРТОФЕЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Гончарова Н.Н.

РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству», Самохваловичи, Беларусь

E-mail: ngoncharova@tut.by

РЕЗЮМЕ

Рассмотрены некоторые методологические вопросы подбора пар при селекции сортов картофеля технического назначения. Установлено, что наиболее перспективными родительскими формами для селекции в этом направлении являются сорта Світанок Київскій в качестве материнской формы и Лазарь в качестве опылителя. Наиболее перспективными комбинациями по сочетанию крахмалистости и продуктивности являются: Світанок Київскій × Альбатрос, Світанок Київскій × Адлер, Альбатрос × Лазарь, Адлер × Лазарь, Тетерів × Лазарь и Лазарь × Адлер.

Ключевые слова: картофель, содержание крахмала, продуктивность, гибридизация, диаллельная схема, нерегулярные скрещивания, комбинационная способность, ОКС, СКС, эффекты ОКС и СКС, варианты ОКС и СКС

ВВЕДЕНИЕ

Одним из важнейших направлений селекции картофеля является создание сортов технического назначения, предназначенных для производства крахмала и спирта. Основным требованием к таким сортам является содержание крахмала в клубнях 20% и более [1], поскольку каждый дополнительный процент сухого вещества и крахмала повышает рентабельность переработки на 5% [2]. Вторым требованием к сортам технического назначения является достаточно высокая урожайность, так как экономически оправдана переработка сортов только с оптимальным сочетанием этих признаков. Высококрахмалистые, но недостаточно урожайные сорта неперспективны для переработки так же, как и сорта, дающие высокий выход крахмала с единицы площади за счет рекордно высокой урожайности при невысоком его содержании [3].

Залогом успеха любой селекционной программы является создание исходного материала, обладающего необходимым сочетанием признаков, а это может быть достигнуто посредством целенаправленного подбора родительских форм и пар для гибридизации. В связи с этим основной целью нашей работы было оценить комбинационную способность сортов картофеля по содержанию крахмала и признакам продуктивности, и выделить формы, способные давать потомство, сочетающее достаточно высокие значения крахмалистости и продуктивности.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Исследования проводились в РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству» в 2006-2012 гг. Материалом для исследований послужили 5 сортов картофеля: Альбатрос, Лазарь, Адлер, Світанок Київскій и Тетерів, которые были включены в гибридизацию по полной диаллельной схеме.

Полученные гибридные комбинации изучались по крахмалистости, продуктивности, числу клубней на растение и массе клубня в питомнике 1-й клубневой репродукции в 2008 и 2009 гг. Погодные условия данных вегетационных периодов оказались весьма контрастными. Температура воздуха на уровне среднеиюньской и оптимальная влажность почвы в 2008 г. были благоприятны для накопления как крахмала так и урожая картофеля. В 2009 г. избыток осадков привел к переувлажнению почвы и раннему развитию фитофтороза, что отрицательно сказалось на накоплении крахмала.

Признаки в пределах гибридных комбинаций и у родительских форм в пределах клона изучались покусотно: продуктивность – путем взвешивания на гастрономических весах, число клубней на растение путем прямого подсчета, а содержание крахмала – посредством последовательного взвешивания клубней в воде и в воздухе с последующим расчетом по соответствующим формулам [4]. Средняя масса клубня определялась как отношение продуктивности к числу клубней на растение. Математическая обработка материала проводилась методами биологической статистики и статистической генетики по двухлетним данным [5–7].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Поскольку основной нашей задачей было получение высококрахмалистого продуктивного потомства, исходные формы для гибридизации (таблица 1) были подобраны таким образом, что 4 из 5 сортов имели высокое и повышенное содержание крахмала и лишь у одного этот показатель колебался от среднего до низкого. В то же время дисперсионный анализ показал наличие достаточно большого разнообразия по этому признаку. Так 5 исходных сортов принадлежали к 4

достоверно различающимся по содержанию крахмала группам. По продуктивности выделилось 3 статистически различные группы сортов. При этом один сорт характеризовался высокой продуктивностью, три – относительно высокой, и лишь один сорт был низкопродуктивным.

Необходимо отметить, что самый низкокрахмалистый сорт Тетерів был одновременно самым высокопродуктивным, а низкопродуктивный сорт Альбатрос имел самое высокое содержание крахмала.

Таблица 1 – Характеристика сортов картофеля по содержанию крахмала, продуктивности и ее элементам (2008–2009 г.)

Исходная форма	Содержание крахмала, %	Продуктивность, г/куст	Число клубней, шт.	Масса клубня, г
Альбатрос	22,2 ¹	578,9 ³	7,8 ²	78,4 ²
Лазарь	21,8 ^{1*}	867,3 ²	10,5 ¹	88,0 ²
Адлер	19,1 ²	902,3 ²	10,7 ¹	84,9 ²
Світанок Київскій	18,2 ³	837,6 ²	9,6 ¹	94,6 ¹
Тетерів	14,2 ⁴	1049,8 ¹	10,8 ¹	101,8 ¹
НСР 0,05	0,9	143,1	1,6	12,5

* – № группы, достоверно отличающейся по значению признака

По элементам продуктивности исходные сорта были менее разнообразны. По числу клубней на растение и средней массе клубня они разделились лишь на две достоверно отличные группы. По признаку «число клубней» 4 сорта из 5 имели относительно высокие значения данного признака, а 1 низкоурожайный – среднее. По признаку «масса клубня» две исходные формы (наименее крахмалистые) были относительно крупноклубневыми, а три имели средние клубни.

По сочетанию признаков исходные формы также были достаточно разнообразны. Сорт Лазарь сочетал высокую крахмалистость с многоклубневостью и относительно высокой продуктивностью; Альбатрос – высокую крахмалистость с низкими показателями по продуктивности и ее элементам. Адлер имел повышенную крахмалистость при относительно высокой продуктивности и числе клубней. Світанок Київскій сочетал повышенную крахмалистость с крупноклубневостью и относительно высокими значениями по продуктивности и числу клубней. У сорта Тетерів высокие показатели по всем признакам продуктивности сочетались с невысокой крахмалистостью.

Учитывая вышесказанное, можно было предположить, что с участием данных сортов может быть получено потомство, сочетающее достаточно высокие показатели, как по содержанию крахмала, так и по признакам продуктивности.

РАЗДЕЛ 1. СЕЛЕКЦИЯ КАРТОФЕЛЯ

В результате гибридизации по полной диаллельной схеме была получена 21 комбинация. Наличие достоверных различий между ними по всем изучавшимся признакам позволило перейти к анализу комбинационной способности (КС) родительских форм. Анализ проводился по методу для нерегулярных скрещиваний, основанном на многотестерном топкроссе.

Дисперсионный анализ комбинационной способности показал, что между родительскими формами и гибридными комбинациями существуют высоко достоверные различия как по ОКС обоих родителей, так и по СКС для содержания крахмала, продуктивности и числа клубней на растение (таблица 2), а для массы клубня достоверным оказалось влияние ОКС опылителей и СКС. Это позволило перейти к вычислению эффектов и вариантов ОКС и СКС (таблицы 3 и 4).

Таблица 2 – Дисперсионный анализ комбинационной способности сортов картофеля по содержанию крахмала и признакам продуктивности

Источник варьирования	df	MS			
		Содержание крахмала	Продуктивность	Число клубней	Масса клубня
Общее	2633	0,231	2200,2	0,287	21,203
ОКС ♀	4	1,990*	11671,6*	2,053*	29,956
ОКС ♂	4	6,661*	17677,6*	1,924*	100,401*
СКС	12	2,182*	12457,2*	0,858*	123,484*
Случайное	2613	0,209	2114,9	0,279	20,599

* – влияние достоверно на 1%-ном уровне значимости

Таблица 3 – Эффекты ОКС сортов картофеля по содержанию крахмала и признакам продуктивности

Исходная форма	Содержание крахмала		Продуктивность		Число клубней		Масса клубня	
	g_i	g_j	g_i	g_j	g_i	g_j	g_i	g_j
Лазарь	0,501	1,876	-47,3	109,7	-0,754	0,709	-1,52	6,85
Адлер	0,296	0,321	-32,1	-49,5	-0,239	0,013	-1,34	-7,02
Світанок Київський	0,583	-0,566	111,6	-9,7	0,850	-0,479	5,67	2,62
Альбатрос	0,245	0,724	-18,3	-67,7	-0,542	-0,913	1,28	0,20
Тетерів	-1,192	-1,573	11,8	45,7	0,723	0,675	-2,44	0,66
НСР _{0,05}	0,391		39,3		0,452		3,88	

$g_{\text{ОКС}}$ – эффекты ОКС; $\sigma^2_{\text{СКС}}$ – Вариансы СКС

Как видно из таблицы 3, в большинстве случаев один и тот же сорт вел себя по-разному при использовании его в качестве материнской формы

и опылителя. В ряде случаев ОКС исходной формы со сменой направления использования изменялась на прямо противоположную. Такие значительные реципрокные различия делают оправданным использование для оценки КС не диаллельного анализа, а метода нерегулярных скрещиваний, который позволяет оценить каждую исходную форму в зависимости от направления ее использования.

При использовании в качестве материнских форм достоверно положительную ОКС по содержанию крахмала имели сорта Світанок Київскій и Лазарь, по продуктивности и массе клубня – только Світанок Київскій, а по числу клубней – Світанок Київскій и Тетерів.

Следует отметить, что сорт Світанок Київскій при использовании его в качестве материнской формы имел высокую ОКС по всем признакам. При этом по продуктивности и числу клубней у данного сорта варианта ОКС значительно превосходила вариансу СКС (таблица 4), что говорит о преобладании аддитивных эффектов генов в детерминации данных признаков у этого сорта, а соответственно и о способности гарантированно передавать потомству высокую продуктивность и число клубней независимо от свойств опылителя, что подтверждается данными таблицы 5. Значения продуктивности по комбинациям с участием этого сорта колебались от 646 до 896 г/куст, а числа клубней – от 8,1 до 11,3 шт./раст.

В то же время по содержанию крахмала и массе клубня у данного сорта варианта СКС значительно превосходила вариансу ОКС, что говорит об определенной нестабильности признака у потомства, в зависимости от опылителя. Действительно содержание крахмала в комбинациях с этим сортом в качестве матери колебалось от 15,6 до 20,6%, а масса клубня – от 62,6 до 90,1 г (таблица 5).

В качестве материнской формы можно отметить также сорт Адлер. Он обладал несущественными эффектами ОКС по всем признакам в сочетании с высокими вариансами СКС, что указывает на возможность получения с этим сортом отдельных перспективных комбинаций за счет высокой СКС.

Таблица 4 – Вариансы ОКС и СКС сортов картофеля по содержанию крахмала и признакам продуктивности

Источник	Содержание крахмала		Продуктивность		Число клубней		Масса клубня	
	$\sigma^2_{\text{ОКС}}$	$\sigma^2_{\text{СКС}}$	$\sigma^2_{\text{ОКС}}$	$\sigma^2_{\text{СКС}}$	$\sigma^2_{\text{ОКС}}$	$\sigma^2_{\text{СКС}}$	$\sigma^2_{\text{ОКС}}$	$\sigma^2_{\text{СКС}}$
	Материнские формы (♀)							
Лазарь	0,251	1,803	1183,2	3324,9	0,569	0,679	2,30	16,84
Адлер	0,088	2,046	-554,3	9510,4	0,057	0,356	1,79	35,87
Світанок Київскій	0,340	0,940	11402,9	4893,7	0,723	0,289	32,16	58,32
Альбатрос	0,060	0,117	-1253,0	8550,6	0,293	0,067	1,65	70,02

РАЗДЕЛ 1. СЕЛЕКЦИЯ КАРТОФЕЛЯ

Продолжение таблицы 4

Тетерів	1,420	0,482	-1446,9	7196,8	0,523	0,190	5,95	79,01
	Опылители (♂)							
Лазарь	3,415	-0,024	10969,3	1100,9	0,363	0,082	36,57	2,56
Адлер	-0,054	0,465	868,0	2924,9	-0,209	0,022	33,79	33,72
Світанок Київскій	0,180	2,768	-1316,0	14378,7	0,043	0,431	-6,89	82,94
Альбатрос	0,384	0,198	3173,3	12557,1	0,648	0,271	-13,69	85,76
Тетерів	2,319	1,463	498,0	5689,8	0,247	0,557	-15,01	59,44
σ^2_e	0,209		2114,9		0,279		20,60	

σ^2_{OKC} – варианты ОКС; σ^2_{CKC} – варианты СКС, σ^2_e – варианты случайных отклонений

При использовании тех же сортов в качестве опылителей картина менялась. В этом случае высокую ОКС по содержанию крахмала имели сорта Лазарь и Альбатрос, по продуктивности и числу клубней – Лазарь и Тетерів, а по массе клубня – только Лазарь.

Сорт Лазарь, который в качестве материнской формы сочетал высокое значение ОКС по содержанию крахмала с низкими значениями по продуктивности и числу клубней, и несущественным по массе клубня, в качестве опылителя имел высокие значения ОКС по всем признакам. При этом варианты ОКС у него преобладали над вариантами СКС (таблица 4), что говорит о способности давать продуктивное и крахмалистое потомство в сочетании с любыми материнскими формами, что подтверждают и данные таблицы 5. Содержание крахмала в комбинациях с его участием в качестве опылителя колебалось от 19,3 до 21,0%, продуктивность – от 719 до 787 г/куст, число клубней – от 9,3 до 9,8 шт./раст., а масса клубня – от 76,0 до 87,0 г.

В то же время сорт Світанок Київскій, выделившийся в качестве материнской формы, при использовании его в качестве опылителя имел низкую ОКС по содержанию крахмала и числу клубней и несущественную по продуктивности и массе клубня.

Сорт Альбатрос, который при использовании его в качестве опылителя имел достоверно положительную ОКС по содержанию крахмала, характеризовался в то же время низкой ОКС по продуктивности и числу клубней и несущественной по массе клубня, что делает его широкое использование в селекции сортов технического назначения проблематичным. Однако очень высокие варианты СКС по продуктивности и массе клубня говорят о возможности получения отдельных комбинаций с высокой специфической комбинационной способностью по этим признакам.

Таблица 5 – Влияние исходной формы на значения и вариацию признаков продуктивности и содержания крахмала в гибридных комбинациях картофеля

Исходная форма	Содержание крахмала			Продуктивность			Число клубней			Масса клубня		
	Х ср.	min	max	Х ср.	min	max	Х ср.	min	max	Х ср.	min	max
Материнские формы (♀)												
Лазарь	17,8	16,0	19,4	586	563	614	8,2	7,5	8,7	71,7	68,8	74,4
Адлер	18,7	15,8	20,4	615	434	742	8,7	6,9	9,8	74,0	63,9	81,1
Світанок Київський	18,9	15,6	20,6	738	646	896	9,8	8,1	11,3	78,6	62,6	90,1
Альбатрос	18,6	17,0	21,0	629	407	787	8,4	6,9	9,3	76,6	59,4	87,2
Тетерів	17,3	15,9	19,3	659	513	749	9,6	8,9	11,2	72,9	57,7	85,7
Опылители (♂)												
Лазарь	20,1	19,3	21,0	744	719	787	9,6	9,3	9,8	81,3	76,0	87,0
Адлер	18,6	15,9	20,4	596	513	672	8,9	8,4	9,9	67,7	58,8	75,6
Світанок Київський	17,6	16,0	20,4	613	434	749	8,3	6,9	9,3	76,4	63,9	87,2
Альбатрос	19,0	17,7	20,6	593	407	681	8,2	6,9	9,1	75,8	59,4	83,2
Тетерів	16,7	15,6	18,1	691	581	896	9,6	7,5	11,3	75,4	57,7	90,1

Таким образом при селекции сортов технического назначения наиболее перспективными являются сорта Світанок Київський в качестве материнской формы и Лазарь в качестве опылителя, позволяя добиться оптимального сочетания крахмалистости и продуктивности у потомства. При этом необходимо отметить, что сами эти сорта не имели максимальных значений ни по одному изучавшемуся признаку.

Анализ эффектов СКС отдельных комбинаций (таблица 6) показал, что 6 комбинаций имели достоверно положительные их значения по содержанию крахмала, 9 – по продуктивности, 5 – по числу клубней и 8 по массе клубня. Но лишь одна комбинация Лазарь × Адлер сочетала высокие эффекты СКС по содержанию крахмала и продуктивности. Однако, поскольку обе эти формы имели низкую ОКС по продуктивности, комбинация имела по этому признаку весьма средние характеристики (614 г/куст) (таблица 7).

Таблица 6 – Эффекты СКС гибридных комбинаций картофеля по содержанию крахмала и признакам продуктивности

№ по каталогу	Происхождение	Содержание крахмала	Продуктивность	Число клубней	Масса клубня
9-07-	Лазарь × Адлер	0,724	68,5	0,525	5,69
48-07-	Світанок Київський × Альбатрос	0,982	-40,0	-0,737	2,63
10-07-	Світанок Київський × Адлер	0,513	-31,9	0,094	-10,76
47-07-	Адлер × Альбатрос	-0,068	94,7	0,870	5,55
59-07-	Тетерів × Світанок Київський	-0,258	105,0	0,113	10,84
49-07-	Тетерів × Альбатрос	0,017	94,3	0,439	8,82
8-07-	Альбатрос × Адлер	0,448	61,1	0,437	6,68
20-07-	Альбатрос × Лазарь	0,361	53,8	0,235	4,20
19-07-	Адлер × Лазарь	-0,188	-1,2	0,421	-4,17
22-07-	Тетерів × Лазарь	0,279	-37,7	-0,658	1,90
75-07-	Тетерів × Тетерів	1,201	-73,8	0,871	-15,25
54-07-	Лазарь × Тетерів	1,194	-59,8	-1,337	0,54
56-07-	Адлер × Світанок Київський	2,709	-166,7	-1,314	-12,07
57-07-	Альбатрос × Світанок Київський	-0,672	89,8	0,580	8,65
55-07-	Світанок Київський × Тетерів	-1,381	96,3	0,856	9,12
52-07-	Адлер × Тетерів	-1,766	85,9	0,296	7,11
53-07-	Альбатрос × Тетерів	0,451	-58,5	-0,683	-2,81
58-07-	Лазарь × Світанок Київський	-1,943	-22,3	0,626	-6,98
73-07-	Адлер × Адлер	-0,717	-16,3	-0,281	3,49
11-07-	Тетерів × Адлер	-1,269	-91,3	-0,774	-6,39
74-07-	Альбатрос × Альбатрос	-0,618	-149,8	-0,578	-16,80
	НСР ₀₀₅	0,499	50,1	0,576	4,95

Высокие эффекты СКС по содержанию крахмала при несущественных по продуктивности наблюдались в комбинациях Світанок Київський × Альбатрос и Світанок Київський × Адлер. В комбинациях Альбатрос × Лазарь, Адлер × Альбатрос, Тетерів × Альбатрос и Альбатрос × Адлер высокая СКС по продуктивности сочеталась с несущественной по содержанию крахмала.

Однако говорить о перспективности этих комбинаций без учета данных об ОКС родительских форм невозможно.

Еще одной возможностью оценки и прогнозирования качества гибридных комбинаций является использование сумм эффектов ОКС обоих родителей и их сочетания по различным признакам [8]. Характеристика гибридных комбинаций картофеля по содержанию крахмала и признакам продуктивности в связи с комбинационной способностью родительских форм представлена в таблице 7. Все

РАЗДЕЛ 1. СЕЛЕКЦИЯ КАРТОФЕЛЯ

полученные комбинации в соответствии со значениями сумм эффектов ОКС обоих родителей разделились на 4 группы.

Таблица 7 – Характеристика гибридных комбинаций картофеля по содержанию крахмала и признакам продуктивности в связи с КС исходных форм

№ по каталогу	Происхождение	$g_i + g_j$	Содержание крахмала, %	Продуктивность, г/куст	Число клубней, шт./раст.	Масса клубня, г.
	I группа комбинаций					
20-07-	Альбатрос × Лазарь	+ + + +	21,0	787¹	9,3	87,0
19-07-	Адлер × Лазарь	+ + + +	20,1	719	9,8	76,0
22-07-	Тетерів × Лазарь	+ + + +	19,3	726	9,7²	81,0
48-07-	Світанок Київскій × Альбатрос	+ + – +	20,6	646	8,1	83,2
10-07-	Світанок Київскій × Адлер	+ + + –	20,4	672	9,9	62,6
	II группа комбинаций					
9-07-	Лазарь × Адлер	+ – – –	19,4	614	8,7	71,8
47-07-	Адлер × Альбатрос	+ – – –	19,2	637	8,6	79,1
8-07-	Альбатрос × Адлер	+ – – –	19,2	636	8,8	75,6
73-07-	Адлер × Адлер	+ – – –	18,1	544	8,4	69,8
74-07-	Альбатрос × Альбатрос	+ – – +	18,6	407	6,9	59,4
	III группа комбинаций					
55-07-	Світанок Київскій × Тетерів	– + + +	15,6	896	11,3	90,1
59-07-	Тетерів × Світанок Київскій	– + + +	16,8	749	9,3	85,7
52-07-	Адлер × Тетерів	– + + –	15,8	742	9,6	81,1
53-07-	Альбатрос × Тетерів	– + + +	17,0	611	8,3	73,8
	IV группа комбинаций					
54-07-	Лазарь × Тетерів	– – – –	18,1	581	7,5	74,4

Продолжение таблицы 7

56-07-	Адлер × Світанок Київскій	--- +	20,4	434	6,9	63,9
75-07-	Тетерів × Тетерів	-- + -	16,8	626	11,2	57,7
49-07-	Тетерев × Альбатрос	-----	17,7	681	9,1	81,3
57-07-	Альбатрос × Світанок Київскій	--- +	17,0	704	8,5	87,2
58-07-	Лазарь × Світанок Київскій	--- +	16,0	563	8,3	68,8
11-07-	Тетерів × Адлер	-- + -	15,9	513	8,9	58,8

$g_i + g_j$ – сумма эффектов ОКС материнской формы и опылителя, + сумма положительная, – сумма отрицательная; порядок знаков: содержание крахмала, продуктивность, число клубней, масса клубня. ¹ – наличие существенного положительного эффекта СКС (жирный шрифт), ² – наличие существенного отрицательного эффекта СКС (курсив)

В первую группу вошли комбинации, сочетающие положительные значения сумм по содержанию крахмала, продуктивности и ее компонентам; во вторую – сочетающие положительные суммы эффектов ОКС по содержанию крахмала и отрицательные по продуктивности; в третью – сочетающие отрицательные значения сумм по крахмалу и положительные по продуктивности; и наконец в четвертую – отрицательные суммы и по содержанию крахмала, и продуктивности.

Комбинации, вошедшие в первую группу, имели высокую крахмалистость (19,3–21,0%) и достаточно высокие значения продуктивности (646–787 г/куст) и ее компонентов (число клубней 8,1–9,9 шт./растение и масса клубня 76,0–87,0 г.). Исключение составила комбинация Світанок Київскій × Адлер, которая имела достаточно низкую массу клубня (62,6 г.), однако этого можно было ожидать, так как сумма эффектов ОКС обоих родителей также как и эффект СКС по этому признаку были отрицательными. Влияние СКС в комбинациях данной группы было весьма ограничено: в 2 комбинациях по содержанию крахмала и в 1 по продуктивности – положительные эффекты СКС и в 2 по числу клубней и в 1 по массе клубня отрицательные.

Влияние СКС в комбинациях, принадлежавших к остальным трем группам, было более значительным. Из 15 комбинаций лишь по 5 имели недостоверные эффекты СКС по содержанию крахмала и числу клубней на растение и всего по 2 – по продуктивности и массе клубня.

Комбинации, принадлежавшие ко второй группе, имели более низкие, значения содержания крахмала (18,1–19,4%) и продуктивности (407–637 г/куст), чем комбинации первой группы. В эту группу вошла и единственная комбинация Лазарь × Адлер, у которой сочетались высокие эффекты СКС по обоим этим признакам.

В третью группу вошли наиболее высокопродуктивные (742–896 г/куст), крупноклубневые и многоклубневые комбинации, но с самым

РАЗДЕЛ 1. СЕЛЕКЦИЯ КАРТОФЕЛЯ

низким содержанием крахмала (15,6–17,0%). Исключение составила комбинация Альбатрос × Тетерів, продуктивность которой была невысока за счет отрицательных эффектов СКС по продуктивности и числу клубней.

И наконец, четвертая группа по содержанию крахмала и значениям признаков продуктивности оказалась наиболее разнообразна. Содержание крахмала в ней варьировало от 15,9 до 20,4%, продуктивность – от 434 до 704 г/куст, число клубней – от 6,9 до 11,2 шт., масса клубня – от 57,7 до 87,2 г. Но наиболее высокопродуктивные из этих комбинаций отличались весьма средним содержанием крахмала (Тетерев × Альбатрос, Альбатрос × Світанок Київській), наиболее крахмалистые – низкой продуктивностью (Лазарь × Тетерів, Адлер × Світанок Київській), а оставшиеся были и низкопродуктивными, и низкокрахмалистыми.

Из вышесказанного очевидно, что наибольший интерес для селекции сортов картофеля технического назначения представляют комбинации, сочетающие положительные значения сумм эффектов ОКС обоих родителей по содержанию крахмала, продуктивности и ее компонентам. Перспективность их подтверждается и данными о доле форм, сочетающих высокую крахмалистость и продуктивность (8,7–14,0%) (таблица 8).

Таблица 8 – Частота отбора форм, сочетающих высокую крахмалистость (>20%) с высокой продуктивностью (>900 г/куст) в гибридных комбинациях картофеля в зависимости от КС исходных форм

№ по каталогу	♀	♂	$g_i + g_j$	N, шт.	N ук, шт.	P ук, %
I группа комбинаций						
20-07-	Альбатрос	Лазарь	+ + + +	107	15	14,0
19-07-	Адлер	Лазарь	+ + + +	178	22	12,4
10-07-	Світанок Київській	Адлер	+ + + –	30	3	10,0
48-07-	Світанок Київській	Альбатрос	+ + – +	189	17	9,0
22-07-	Тетерів	Лазарь	+ + + +	173	15	8,7
II группа комбинаций						
9-07-	Лазарь	Адлер	+ – – –	116	11	9,5
47-07-	Адлер	Альбатрос	+ – – –	175	11	6,3
8-07-	Альбатрос	Адлер	+ – – –	172	6	3,5
73-07-	Адлер	Адлер	+ – – –	150	2	1,3
74-07-	Альбатрос	Альбатрос	+ – – +	79	0	0,0
III группа комбинаций						
59-07-	Тетерів	Світанок Київській	– + + +	168	11	6,5
52-07-	Адлер	Тетерів	– + + –	192	11	5,7

РАЗДЕЛ 1. СЕЛЕКЦИЯ КАРТОФЕЛЯ

Продолжение таблицы 8

55-07-	Світанок Київскій	Тетерів	– + + +	222	7	3,2
53-07-	Альбатрос	Тетерів	– + + +	99	2	2,0
IV группа комбинаций						
54-07-	Лазарь	Тетерів	– – – –	50	3	6,0
57-07-	Альбатрос	Світанок Київскій	– – – +	65	3	4,6
58-07-	Лазарь	Світанок Київскій	– – – +	109	4	3,7
49-07-	Тетерів	Альбатрос	– – – –	163	5	3,1
56-07-	Адлер	Світанок Київскій	– – – +	39	1	2,6
75-07-	Тетерів	Тетерів	– – + –	105	0	0,0
11-07-	Тетерів	Адлер	– – + –	74	0	0,0

N – число изученных генотипов; N ук – число генотипов, совмещающих высокие крахмалистость и продуктивность; P ук – доля генотипов, совмещающих высокие крахмалистость и продуктивность

Также достаточно высокая доля генотипов (9,5%), сочетающих высокую крахмалистость с высокой продуктивностью, оказалась в комбинации, сочетающей положительную сумму эффектов ОКС по содержанию крахмала с отрицательной по продуктивности и высокие эффекты СКС по обоим этим признакам. В остальных комбинациях эта доля составила от 6,5 до 0%.

Характеристика по содержанию крахмала и продуктивности гибридов, отобранных из перспективных комбинаций, выделенных в нашем исследовании, а также полученных с участием выделенных исходных форм в сочетании с другими родителями представлена в таблице 9.

Таблица 9 – Характеристика гибридов, полученных с участием наиболее перспективных исходных форм по содержанию крахмала и продуктивности, (трехлетние данные)

Гибрид	Происхождение	Годы испытания	Содержа ние крахмала , %	Урожай- ность, т/га	Сбор крахмала, т/га
20-07-2	Альбатрос х Лазарь	2008-2010	22,1	49,7	11,0
48-07-26	Світанок Київскій х Альбатрос	2008-2010	20,8	53,2	11,1

РАЗДЕЛ 1. СЕЛЕКЦИЯ КАРТОФЕЛЯ

Продолжение таблицы 9

7-09-7	Світанок Київскій х Альбатрос	2010-2012	20,3	51,1	10,4
67-09-7	47-00-83 х Лазарь	2010-2012	21,1	64,3	13,6
26-07-27	139-97-39л2 х Лазарь	2008-2010	21,1	54,9	11,6
39-09-5	Світанок Київскій х Гарант	2010-2012	22,2	57,9	12,9

Данные таблицы позволяют сделать заключение, что предложенные нами методические подходы позволяют получить сортообразцы, сочетающие высокую крахмалистость с высокой продуктивностью и дающие сбор крахмала не менее 10 т/га.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При селекции сортов картофеля технического назначения необходимо использовать исходные формы с содержанием крахмала не ниже 18,0% и соотнositельно высокой продуктивностью (более 800 г/куст). Использование менее продуктивных форм возможно, но только в сочетании с высоким содержанием крахмала.

Изучать КС исходной формы необходимо при использовании ее отдельно как в качестве материнской формы, так и в качестве опылителя, если позволяет наличие фертильной пыльцы.

Наиболее перспективными родительскими формами для селекции технических сортов картофеля являются сорта Світанок Київскій в качестве материнской формы и Лазарь в качестве опылителя.

Оптимальное сочетание обоих признаков может быть получено в комбинациях, сочетающих положительные значения сумм эффектов ОКС обоих родителей по содержанию крахмала, продуктивности и ее компонентам, а также сочетающих положительную сумму эффектов ОКС по содержанию крахмала с отрицательной по продуктивности и высокие эффекты СКС по обоим этим признакам.

Наиболее перспективными комбинациями по сочетанию крахмалистости и продуктивности являются: Світанок Київскій × Альбатрос, Світанок Київскій × Адлер, Альбатрос × Лазарь, Адлер × Лазарь, Тетерів × Лазарь и Лазарь × Адлер.

Литература

1. Методические рекомендации по специализированной оценке сортов картофеля / С.А. Банадысев [и др.]; под ред. С.А. Банадысева. – Минск, 2003. – 70 с.
2. Банадысев, С.А. Обеспечение охраны интеллектуальной собственности в селекции и семеноводстве картофеля. / С.А.Банадысев // Картофелеводство. / Научные труды. – Минск, 2002. – Вып. 11. – С.19-30.
3. J.Kanno Testing of Starch Potato Varieties. // Материалы Международной юбилейной научно-практической конференции, посвященной 75-летию Института картофелеводства НАН Беларуси. / Научные труды. – Минск, 2003. – Часть 1. – С. 169-173.
4. International Starch Institute. Science Park Aarhus, Denmark [Electronic resource] / ISI 13-2e Determination of Starch in Tubers by Under Water Weight. – 1999. – Mode of access : <http://www.starch.dk/isi/methods/13starch.htm> – Date of access : 5.07.2006.
5. Дремлюк, Г.К. Метод оценки комбинационной способности при нерегулярных скрещиваниях. / Г.К.Дремлюк // Доклады ВАСХНИЛ. – 1976. – № 1 – С. 10-20.
6. Вольф, В.Г. Методические рекомендации по применению математических методов для анализа экспериментальных данных по изучению комбинационной способности. / В.Г.Вольф, П.П.Литун. А.В.Хавелова, Р.И.Кузьменко. – Харьков, 1980. – 76 с.
7. Рокицкий, П.Ф. Биологическая статистика / П.Ф. Рокицкий. – Минск: Высшэйшая школа, 1972. – 320 с.
8. Гончарова, Н.Н. Повышение эффективности селекционного процесса картофеля путем направленного создания и раннего выявления генетического разнообразия исходного материала: дис. канд. биол. наук:03.00.15 / Н.Н.Гончарова. – Минск, 1992. – 175 с.

GENETICAL ASPECTS OF PARENTAL PAIR SELECTION AT TECHNICAL POTATO VARIETIES BREEGING

GONCHAROVA N.N.

SUMMARY

Some methodological questions of parental pair selection at breeding of technical potato varieties are considered. The combining ability of potato varieties to signs «starch content» and "productivity" has been estimated. It has been found, that Світанок Київський as a female and Лазарь as the pollenizer are the most perspective at selection of technical breeds. The optimum combination of both signs can be received in combinations which have at least one parent excellent on GCA, and high or insignificant SCA to both signs. The most perspective hybrid families on starch content and productivity combination are Світанок Київський×Albatross, Світанок Київський×Adler, Albatross×Лазарь, Adler×Лазарь and Темрів×Лазарь.

Key words: potato, starch content, productivity, hybridization, diallelic crosses, irregular crosses, combining ability, general combining ability, specific combining ability, effect, effect of SCA, variance of GCA, variance of SCA

Поступила в редакцию 18.04.2013 г.

УДК 635.21:631.531.02

ПОДБОР СОРТОВ И ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА СЕМЕННОГО КАРТОФЕЛЯ – ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ ПОВЫШЕНИЯ УРОЖАЙНОСТИ

Дударова Л.М.

Ингушский НИИ сельского хозяйства

E-mail: ishos06@mail.ru

РЕЗЮМЕ

Изложены результаты исследований по испытанию сортов картофеля разных групп спелости в условиях вертикальной зональности Республики Ингушетия.

Установлено, что правильный подбор сортов картофеля разных сроков созревания и использование качественного семенного материала обеспечивает повышение урожайности как в горной, так и в предгорной зоне республики.

Ключевые слова: сорт, картофель, продуктивность, качество клубней, вертикальная зональность, группа спелости.

ВВЕДЕНИЕ

Особенностью природно-климатических условий Республики Ингушетия является вертикальная зональность. На незначительной территории площадью 3,6 тыс. кв. км расположены четыре вертикальные зоны: плоскостная с высотой над уровнем моря 250–400 м, предгорная 524–900 м, горная 970–1600 м и высокогорная 1600–2500 м. Такое расположение зон оказывает различное влияние на рост, развитие, формирование семенных качеств и продуктивность сортов картофеля, который является ценным продуктом питания и пользуется высоким спросом. Основные массивы возделывания картофеля (от 5 до 10% всей посевной площади) сосредоточены в предгорной зоне республики. Благоприятные почвенно-климатические условия горных и предгорных районов позволяют сохранить биологический потенциал сортов картофеля при репродукции с высоким выходом качественного семенного материала и обеспечения им населения республики в полной потребности. Тепловые ресурсы территории позволяют выращивать различные по скороспелости сорта картофеля до высоты 1800–2000 м над уровнем моря. В связи с этим целью наших исследований было подбор сортов картофеля с учетом группы спелости для каждой из этих зон.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Исследования проводили на опытных участках Ингушского НИИ сельского хозяйства в предгорной зоне на базе КФХ «Мубарик» с высотой над уровнем моря 524 м, и в горной зоне на базе Государственного природного заповедника «Эрзи» на высоте 1573 м, где наиболее благоприятно складываются почвенно-климатические условия для производства картофеля.

Предгорная зона представлена в основном черноземами обыкновенными среднесиловыми. Сумма положительных температур за период активной вегетации составляет 3000–3400⁰С. В конце марта – начале апреля средняя месячная температура воздуха стабильно переходит через 10⁰С. Средняя месячная температура воздуха в июле составляет 20–21⁰ С. В весенне-летний период район хорошо увлажнен. Сумма осадков за период активной вегетации составляет 500–550мм, а за год 550–750мм.

Преобладающими почвами горной зоны являются бурые лесные, оподзоленные почвы, которые выше 1000м над уровнем моря сменяются горными черноземами. В конце апреля – начале мая происходит устойчивый переход средней суточной температуры воздуха к положительным значениям. В конце апреля средняя суточная температура воздуха устойчиво переходит через 5⁰С, в начале мая – через 10⁰С. Безморозный период продолжается до середины сентября. Район на высоте 1500–1700м над уровнем моря хорошо увлажнен. Сумма осадков за период активной вегетации растений колеблется в пределах 400–600мм.

Благоприятные почвенно-климатические условия (достаточное увлажнение, оптимальная температура воздуха) предгорной зоны в течение вегетационного периода картофеля на высоте 524м и горной зоны – 1573м над уровнем моря обеспечивают получение качественного семенного материала с высокими показателями урожайности.

Исходным материалом для закладки полевых опытов служили сорта разных групп спелости из Банка здоровых сортов картофеля (дублирование), который сформирован и поддерживается в горных условиях Ингушетии.

Исследования проводили в горной и предгорной зонах по сортам;

- раннеспелые – Жуковский ранний, Любава, Удача, Крепыш;
- среднеранние – Голубизна, Бриз, Рябинушка, Очарование;
- среднепоздние – Лорх, Малиновка, Никулинский, Победа .

Сорта высаживались в 3-кратной повторности. Каждый сорт включал делянку из двух рядков по 25 растений. Площадь питания на одно растение 70х25см. Контролем служил районированный в данном регионе сорт Волжанин.

В течение вегетации проводилась оценка качественных и количественных характеристик сортов картофеля. В полевых условиях проведены наблюдения за ростом и развитием растений, оценка физиологического состояния ботвы по каждому сорту. В фазе

бутонизации – цветения и при уборке определяли соответствие каждого сорта точному авторскому описанию (типичность, выраженность основных сортоотличительных признаков растения, стебля, листа, соцветия).

В течение вегетации 3-кратная визуальная оценка растений по внешним признакам возможного проявления вирусных болезней проведена на основе осмотра каждого растения индивидуально. Семенной материал оценивали на наличие вирусов (УВК, ХВК, ВСЛК, МВК, SB), вириода веретеновидности клубней (ВВКК) и бактерий (черная ножка, кольцевая гниль) методом ИФА в лабораторных условиях ВНИИКС.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В результате многолетних исследований было установлено, что по влагообеспеченности, температуре воздуха и минимальному распространению переносчиков болезней наиболее благоприятно для возделывания картофеля складываются условия горной и предгорной зоны республики. Одним из варьирующих показателей при этом является урожайность. Наряду с этим важное значение в повышении урожайности и наибольшему выходу качественного семенного материала в зависимости от зоны возделывания имеют сроки созревания сорта.

Анализ полученных результатов показывает, что группа сортов раннего срока созревания формируют наиболее высокий урожай в условиях предгорной зоны (таблица 1).

Таблица 1 – Урожайность сортов раннеспелой группы (среднее, 2008–2010 гг.)

Сорт	Горная зона			Предгорная зона		
	Масса клубня, г.	Кол-во клубней, шт.	Урожайность, т/г	Масса клубня, г	Колво Клубней, шт.	Урожайность, т/г
Волжанин контроль	30	10,1	16,6	30	10,6	17,4
Жуковский ранний	30	14,0	23,1	40	13,0	28,6
Любава	30	15,0	24,8	40	13,1	28,8
Удача	35	14,8	28,4	45	12,9	31,9
Крепыш	35	15,2	29,2	45	12,5	30,9

В предгорье высокой продуктивностью характеризовались сорта Удача (580 г/раст.) и Крепыш (562 г/раст.) при средней массе семенного клубня 45г, хотя коэффициент размножения был ниже, чем в горной зоне на 1,9 и 2,7 клубней соответственно, что объясняется присутствием незначительного количества мелкой фракции. Показатель продуктивности по сортам Жуковский ранний и Любава выше всего лишь на 100 и 74 г/раст., превышение по массе клубня составляет 10 г.

Положительная тенденция увеличения урожайности в условиях предгорной зоны отмечена на сортах Жуковский ранний – на 5,5; Любава – на 4,0; Удача – на 3,5; Крепыш – на 1,7 т/га при средней массе семенного клубня 40–45 г.

Все исследуемые сорта раннеспелой группы превышали сорт Волжанин (контроль) по урожайности и количеству клубней с одного растения. Значительное превышение контроля по урожайности 262 г/раст. или 14,5 т/га отмечено по сорту Удача

В горной зоне по всем сортам коэффициент размножения выше за счет преобладания мелкой фракции, а урожайность ниже из-за поздней посадки раннеспелых сортов.

По среднеранним сортам отмечены высокие результаты по всем показателям, как в горной, так и в предгорной зоне (таблица 2).

Таблица 2 – Оценка урожайности сортов среднеранней группы (среднее, 2008 – 2010 гг.)

Сорт	Горная зона			Предгорная зона		
	Масса клубня, г	Кол-во клубней, шт.	Урожайность, т/г	Масса клубня, г	Кол-во клубней, шт.	Урожайность, т/г
Волжанин контроль	30	9,8	16,1	30	10,0	16,5
Голубизна	40	15,0	33,0	40	14,9	32,8
Бриз	40	13,7	30,1	40	14,0	30,8
Рябинушка	40	15,6	34,3	40	16,0	35,2
Очарование	40	14,9	32,7	40	14,7	32,3

В горной зоне продуктивность сортов среднераннего срока созревания находилась в пределах 548–600 г/растение. Коэффициент размножения варьировал от 13 до 15,6 клубней. Наибольший отмечен у сорта Рябинушка (15,6 шт.), наименьший – у сорта Бриз (13,7 шт.).

РАЗДЕЛ 1. СЕЛЕКЦИЯ КАРТОФЕЛЯ

Все исследуемые сорта среднеранней группы показали высокие результаты по урожайности и выходу качественной семенной фракции не зависимо от зоны возделывания, но существенное отклонение в сторону превышения по сравнению с контролем было отмечено в горной зоне по сорту Голубизна (16,9 т/га), Бриз (14,0 т/га), Рябинушка (18,2 т/га) и Очарование (16,6 т/га). В предгорной зоне эти показатели были незначительно ниже и составили всего лишь от 0,3 до 0,8 т/га.

В условиях горной зоны высокой продуктивностью характеризовались сорта среднепоздней группы (таблица 3).

Таблица 3 – Показатели урожайности сортов среднепозднего созревания (среднее 2008–2010 гг.)

Сорт	Горная зона			Предгорная зона		
	Масса клубня, г	Кол-во клубней, шт.	Урожайность, т/г	Масса клубня, г	Кол-во клубней, шт.	Урожайность, т/г
Волжанин контроль	30	10,3	16,5	30	10,2	16,8
Лорх	35	12,4	23,8	30	11,8	19,4
Малиновка	40	13,9	30,5	35	12,0	23,1
Никулинский	45	13,5	33,4	40	11,5	25,3
Победа	45	14,0	34,7	40	12,1	26,6

При сравнительной оценке основных показателей среднепоздних сортов в двух экологических зонах отмечено, что продуктивность в горной зоне по всем сортам выше и составляет от 434 до 630 г/раст., коэффициент размножения варьировал в пределах 12,4–14,0 клубней на одно растение при средней массе семенного клубня 35–45 г. Наиболее продуктивными оказались сорта Победа – 630 и Никулинский – 607 г/раст. с коэффициентом размножения 14,0 и 13,5 клубней на растение.

Показатели продуктивности и выход семенных клубней с одного растения на контрольных вариантах в обеих зонах на одном уровне и значительно ниже, чем по исследуемым сортам. В условиях гор продуктивность сортов среднепозднего созревания выше контроля по сорту Лорх на 125, Малиновка – на 247, Никулинский – на 298 и Победа – на 321 г/растение. Превышение по коэффициенту размножения составило

от 2,1 до 3,7 клубней на каждое растение. Диапазон их урожайности составил 23,8–34,7 т/га.

В предгорье продуктивность сортов была ниже, чем в горной зоне, но выше показателя контроля по сорту Лорх – на 48, Малиновка – на 11,4, Никулинский – на 154 и Победа – на 178 г/растение. Выход семенных клубней с одного растения составил от 11,8 до 12,1 шт. Превышение контроля по урожайности колеблется в пределах 2,6–9,8 т/га.

В горной зоне полная физиологическая спелость клубневого материала наблюдалась до наступления первых заморозков.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Подбор сортов с учетом группы спелости и условий конкретной зоны с соблюдением технологии возделывания обеспечивает получение стабильных урожаев с высоким выходом качественного семенного материала.

Установлено, что в горной зоне возможно успешное возделывание как среднеранних, так и среднепоздних сортов.

Возделывание среднеранних сортов в обеих зонах обеспечивают урожаи с высоким коэффициентом размножения и выходом качественного семенного материала.

Для возделывания сортов раннеспелой группы наиболее благоприятны условия предгорной зоны республики.

Литература

1. Анисимов, Б.В., Овэс, Е.В., Юрлова, С.М. и др. Совершенствование системы обеспечения качества в процессе производства семенного картофеля./Картофелеводство: результаты исследований, инновации, практический опыт. Материалы науч. – прак. конф. «Научное обеспечение и инновационное развитие картофелеводства»/ Россельхозакадемия, ВНИИКХ, – М., 2008.–Т.1 – С.278–289.
2. Баркинхоев, М.М., Хашегульгов, Ш.Б., Тангиев М.И. и др. Климатические ресурсы Ингушетии.– Нальчик. Издательский центр «Эль-фа», 2002. – С.73–76.
3. Дударова, Л.М. Влияние вертикальной зональности и отбора многоклубневых клонов на урожай, количественный выход и качество супер-суперэлитного картофеля в условиях Республики Ингушетия. Автореф. диссерт. на соиск.уч. степени канд. с.-х. наук.– Москва.2007.
4. Ильев, П.Б., Ильев, И.К. Рациональный подбор сортов и качество посадочного материала – основные факторы повышения урожайности. / Картофелеводство. Сб. Науч.тр. – 2009.– 182–187с.

5. Методика проведения полевых обследований и послеуборочного контроля качества семенного картофеля / Б.В. Анисимов, А.И. Усков, Е.А. Симаков и др. – М: «ИКАР», 2005.– 112с.

6. Новые технологии производства оздоровленного исходного материала в элитном семеноводстве картофеля / Е.А. Симаков, А.И.Усков, Ю.А. Варицев,– ВНИИКХ,2000.-77с.

SELECTION OF VARIETIES AND SEED-QUALITY ASSURANCE THE MAIN FACTORS OF INCREASING PRODUCTIVITY

DUDAROVA L.M.

SUMMARY

The results of studies on the different groups of varieties test of ripeness in terms of vertical zonality of the Republic of Ingushetia.

Found that the correct selection of the varieties of different periods of ripening and the use of quality seeds provides higher yields as in mountainous and Foothill area of the Republic.

Key words: variety, quality, productivity, potato tuber, vertical zonality, maturity group.

Поступила в редакцию 21.05.2013 г.

УДК 635.21:631.526

ОЦЕНКА ДИФФЕРЕНЦИРУЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ РАЗНЫХ ПО ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОМУ СОСТАВУ ПОЧВ

Маханько В.Л., Незаконова О.Б.

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

E-mail: nezakonova@tut.by

РЕЗЮМЕ

В статье представлен анализ трех почвенных разновидностей по их способности выявлять изменчивость биохимических показателей в клубнях картофеля. На основании значений общей адаптивной способности, селекционной ценности генотипа, а также показателя стабильности выделены исходные формы для селекции сортов картофеля с повышенной биологической ценностью.

Ключевые слова: картофель, дифференцирующая способность среды, селекционная ценность генотипа, стабильность.

ВВЕДЕНИЕ

Широта изменчивости содержания сухих веществ, как и отдельных его составных частей, при выращивании картофеля на одной почвенной разности может не отражать тех крайних величин, свойственным некоторым сортам картофеля при выращивании их в других почвенных условиях [1].

Дифференцирующая способность или способность выявлять изменчивость как типичность, продуктивность и предсказуемость относится к числу параметров среды как фона для отбора. Одна и та же популяция может быть фенотипически однообразной в одних условиях и разнообразной в других. В естественных и искусственных популяциях имеется запас скрытой изменчивости, в особенности по трудно идентифицируемым признакам, по которым отбор не проводился. Этот запас изменчивости носит адаптивный характер, поскольку обеспечивает возможность приспособления к изменяющимся условиям среды. Чем больше скрытой изменчивости анализируемой популяции будет выявлено, тем больше вероятность отбора наиболее уникальных генотипов, обладающих необходимыми признаками и свойствами [2].

Целью данной работы являлась оценка почвенных разностей по их способности выявлять изменчивость биохимических показателей в клубнях картофеля, выделить сорта с высокой биологической ценностью и

дать рекомендации по их использованию в качестве исходного материала в селекции.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Исследования выполнены в 2005–2007 гг. в РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству».

Материалом для исследований служил 31 сорт картофеля белорусской селекции, внесенный в Государственный реестр Республики Беларусь сортов и древесно-кустарниковых пород: Аксамит, Дельфин, Каприз, Лазурит и Лилея ранней, Бриз, Дина, Нептун, Одиссей, Явар среднеранней, Альтаир, Дубрава, Колорит, Криница, Росинка, Скарб и Талисман среднеспелой, Блакит, Верас, Ветразь, Ласунок и Лошицкий среднепоздней и Белорусский 3, Веснянка, Выток, Зарница, Здабытак, Орбита, Синтез, Сузорье и Темп поздней групп спелости.

Клубни изучаемых сортов картофеля выращивались на дерново-подзолистой супесчаной, дерново-подзолистой легкосуглинистой и торфяно-болотной почвах. Технология выращивания традиционная, применяемая в селекционном процессе. Изучаемые образцы высаживали двухрядковыми деланками, по 20 растений на каждой. Повторность опыта 2-х кратная.

Содержание сухих веществ определяли термостатно-весовым методом, сырого протеина по Кьельдалю, суммарного белка – с реактивом Оранже «Ж», витамина С – по Мурри, нитратов – ионоселективным методом [3], редуцирующих сахаров – с реактивом Самнера [4].

Для оценки среды как фона для отбора и использовали метод, основанный на статистической модели, предложенной А.В. Кильчевским и Л.В. Хотылевой [2].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Анализ биохимического состава клубней показал, что содержание сухих веществ, сырого протеина, суммарного белка, витамина С, редуцирующих веществ и нитратов в клубнях зависело не только от метеорологических условий вегетационного периода, но и существенно изменялось при выращивании картофеля на разных по механическому составу почвах.

Метод оценки сред как фона для отбора позволил на основании дифференцирующей способности среды определить оптимальные условия выращивания картофеля для выявления скрытой изменчивости по накоплению биохимических веществ в клубнях.

Так, более оптимальный фон для селекции на повышенное содержание биологически-ценных веществ складывается на дерново-подзолистой супесчаной почве, поскольку для этой почвы отмечен более

высокий уровень дифференцирующей способности по накоплению сухих веществ, сырого протеина, суммарного белка и витамина С (таблица 1).

Таблица 1 – Относительная дифференцирующая способность среды по биохимическим показателям клубней картофеля, 2005–2007 гг.

Показатель	Дерново-подзолистая легко-суглинистая почва			Дерново-подзолистая супесчаная почва			Торфяно-болотная почва		
	2005 г.	2006 г.	2007 г.	2005 г.	2006 г.	2007 г.	2005 г.	2006 г.	2007 г.
Сухие вещества, %	9,0	10,3	8,6	13,4	14,2	11,5	11,7	14,9	10,5
Сырой протеин, %	8,9	3,3	2,9	13,1	8,19	6,8	11,9	8,13	8,1
Суммарный белок, %	8,7	4,9	8,4	13,4	11,2	0,0	11,8	8,8	11,9
Витамин С, мг%	7,2	9,4	8,5	15,3	17,9	16,0	11,5	17,7	14,6
Редуцирующие сахара, %	54,9	0,0	40,6	40,8	262,7	36,0	40,6	0,0	43,0
Нитраты, мг/кг	32,0	35,5	41,4	0,0	53,4	0,0	29,2	39,3	9,9

Более широкий интервал изменчивости для редуцирующих сахаров и нитратов в 2006 году отмечен на дерново-подзолистой супесчаной почве, в то время как в 2005 – на дерново-подзолистой легкосуглинистой, а в 2007 году – на торфяно-болотной.

В 2005 и 2007 году по накоплению нитратов в клубнях картофеля наибольшей дифференцирующей способностью отличалась дерново-подзолистая легкосуглинистая почва, а в 2006 году – дерново-подзолистая супесчаная.

В качестве исходного материала для селекции можно рекомендовать сорта, у которых накопление биохимических веществ не зависит от изменения условий среды и их содержание находится на высоком уровне (для сухих веществ, сырого протеина, суммарного белка, витамина С) и низком – для редуцирующих сахаров и нитратов.

В результате многолетних исследований биохимического состава клубней картофеля на разных по механическому почвах выделены в качестве исходного материала для селекции на повышенное содержание сухих веществ сорта Криница, Ласунок, Выток и Темп, сырого протеина – Белорусский 3, Веснянка, Орбита, витамина С – Колорит, Криница, Ласунок.

Эти сорта отличаются высокими значениями общей адаптивной способности (ОАС) и селекционной ценностью генотипа (СЦГ), которая

РАЗДЕЛ 1. СЕЛЕКЦИЯ КАРТОФЕЛЯ

включает в себя высокую продуктивность и средовую устойчивость, и являются стабильными (исходя из показателя «относительная стабильность генотипа» – S_{gi}) (таблица 2).

Таблица 2 – Показатели адаптивной способности, стабильности и селекционной ценности сортов картофеля по накоплению биохимических веществ, 2005–2007 гг.

ОАС	СЦГ	S_{gi}	Сорт
Сухие вещества			Криница
1,74	24,53	0,00	Ласунок
2,19	18,49	2,10	Выток
2,31	25,10	0,00	Темп
2,16	17,00	2,58	Белорусский 3
Сырой протеин			Веснянка
0,11	2,79	0,00	Орбита
0,16	2,06	1,67	Колорит
0,21	2,89	0,00	Криница
Витамин С			Ласунок
0,69	10,08	2,62	Зарница
0,22	12,27	0,00	Талисман
1,55	12,87	0,67	Ветразь
Редуцирующие сахара			Зарница
-0,22	0,07	43,99	
Нитраты			
-49,23	83,91	0,00	
-54,26	78,88	0,00	
-46,78	86,37	0,00	

В качестве исходной формы для селекции сортов картофеля с низким содержанием редуцирующих сахаров выделен сорт Зарница, а сорта Талисман, Ветразь, Зарница – для селекции сортов с низким содержанием нитратов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Установлено, что оптимальным фоном для селекции на повышенное содержание биологически-ценных веществ является дерново-подзолистая супесчаная почва, поскольку для этой почвы отмечен более высокий уровень дифференцирующей способности по накоплению сухих веществ, сырого протеина, суммарного белка и витамина С.

В качестве исходного материала для селекции на повышенное содержание сухих веществ выделены сорта Криница, Ласунок, Выток и Темп, сырого протеина – Белорусский 3, Веснянка, Орбита, витамина С – Колорит, Криница, Ласунок. В качестве исходной формы для селекции сортов картофеля с низким содержанием редуцирующих сахаров рекомендован сорт Зарница, а сорта картофеля Талисман, Ветразь, Зарница – для селекции на низкое содержание нитратов.

Литература

1. Букасов, С.М. Селекция картофеля / С.М. Букасов, А.Я. Камераз. – Ленинград: ОГИЗ – сельхозиздат, 1948. – 360 с.
2. Кильчевский, А.В. Экологическая селекция растений / А.В. Кильчевский, Л.В. Хотылева. – Минск: Тэхналогія, 1997. – 372 с.
3. Практикум по агрохимии / Б.А. Ягодин, И.П. Дерюгин, Ю.П. Жуков и др.; Под ред. Б.А. Ягодина. – М.: Агропромиздат, 1987. – 512 с.
4. Методика физиолого-биохимических исследований картофеля. М.: НИИКХ, Госагропром НЗ РСФСР, 1989. – 142 с.

ASSESSMENT OF DISCRIMINATING ABILITY OF THE TYPES OF SOILS VARYING IN GRANULOMETRIC COMPOSITION

MAKHANKO V.L., NEZAKONOVA O.B.

SUMMARY

Analysis of the ability of three types of soils to reveal the difference of the biochemical characteristics in potato tubers is given in the article. Parent plants for selection of potato varieties with increased biochemical value have been sorted out basing on the indices of the general adaptive ability, breeding value of the genotype and on the index of stability.

Key words: potato, discriminating ability of the soil, breeding value of the genotype, stability.

Поступила в редакцию 30.04.2013 г.

УДК 635.21:631.635.21

СЕЛЕКЦИЯ КАРТОФЕЛЯ В УКРАИНЕ

Осипчук А.А., Сидорчук В.И., Фурдыга Н.Н.

Институт картофелеводства Национальной академии аграрных наук Украины

РЕЗЮМЕ

Освещаются вопросы становления селекции картофеля в Украине, достижения и направления работы в Институте картофелеводства Национальной академии аграрных наук Украины, основные методы селекционных и генетических исследований.

Ключевые слова: картофель, сорта, методы исследований, становление селекции.

ВВЕДЕНИЕ

Картофель в Украине является одной из основных продовольственных культур. Его возделывают во всех почвенно-климатических зонах. В настоящее время 98% площадей под этой культурой сосредоточено в личных приусадебных участках. Употребляется населением в основном в свежем виде. Переработка на картофелепродукты начинает развиваться только в последние годы.

Большую роль в производстве картофеля имеют сорта.

В Украине селекция картофеля начата на Киевской краевой с.-х. опытной станции (с. Халаево, Киево-Святошинского р-на). В 1914–1918гг. профессором Киевского политехнического института М.К.Малюшицким собрана коллекция картофеля, создан первый в Украине сорт под названием Пырижок Малюшицкого. В 1923 году улучшен немецкий сорт Вольтман. В 1932–1937 гг. на Немешаевской опытной станции выделен клон этого сорта под названием Вольтман 1177, который был районирован.

В 1929–1930 гг. была начата работа по селекции на Носовской с.-х. опытной станции, а с 1929 года – на Полесской опытной станции им. А.Н. Засухина. Сейчас эта станция входит в состав Института картофелеводства. Здесь были созданы сорта Роза Полесья, Полесский 36, Крепыш, Островский, Барановский.

Основным направлением селекции было создание столовых высокоурожайных сортов, устойчивых к основным болезням, кроме ракоустойчивости. Начальный период селекции отличался тем, что использовался в основном метод внутривидовой гибридизации в пределах вида *S.tuberosum*.

Позже на Полесской опытной станции широко использовали родительскими формами сорта и гибриды межвидового происхождения. На этой основе были созданы сорта Житомирянка, Полесский розовый, Икар, Малинчанка, Зов, Пост 86, Посвит, Гарт, Берегиня, Радич, Малич, Косень 95, Поран, Полесский 96, Дубравка, Тетерев и др. Значительный вклад в селекцию на станции внесли селекционеры И.В.Карпович, В.И.Сидорчук и др.

В 1932г. работу по селекции картофеля в Украине начато на опытном поле Всесоюзного НИИ ферментативной и плодоягодной промышленности (с. Немешаево Киевской области). В 1933 году опытное поле вместе с полями спиртзаводов Главспирта было оформлено в селекционно-семеноводческую сеть этого института, на базе которой была образована Киевская селекционно-опытная станция Всесоюзного НИИ спиртовой промышленности (с 1944 года – Киевская с-х. опытная станция Всесоюзного НИИ спиртовой промышленности, позднее – Немешаевская опытная станция Укр. НИИ земледелия). В 1968г. станция была реформирована в Укр. НИИКХ (с 1992 года – Институт картофелеводства УААН). Сейчас он является Центром по селекции картофеля в Украине.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Одной из главных задач селекции в начальный период работы станции было создание сортов для спиртовой промышленности. В 1932-1946гг. под руководством Р.Д.Шехаева созданы технические сорта: Стахановский, Червоноспиртовой, Рясный, Вольтман 1177. В основном в этот период в селекции использовано метод внутривидовой гибридизации в пределах *S.tuberosum*.

С 1946 по 1973 год селекция проводилась под руководством А.И.Терещенко. На основе межвидовой гибридизации им были созданы известные сорта: Катюша, Четырехсотка, Бородянский, Смачный, Немешаевский юбилейный, Луговской, Украинский розовый.

В последующие годы (до 2012 года) селекция картофеля в Укр. НИИКХ (позже ИК УААН) на межвидовой основе проводилась под руководством А.А.Осипчука.

Вместе с коллективом были созданы сорта разных групп спелости и хозяйственного назначения, устойчивые к болезням и вредителям и другими ценными признаками: Зарево, Воловецкий, Вихола, Свитанок киевский, Ромашка 8, Лыбидь, Бородянский розовый, Водограй, Обрий, Кобза, Горлица, Купава, Ракурс, Славянка, Повинь, Явир, Серпанок, Вириная, Фантазия, Багряна, Поляна, Днипрянка и др.

Проводится селекция на устойчивость к грибным, вирусным, бактериальным и нематодным заболеваниям.

С 1990 года в Институте ведется селекция сортов, пригодных для переработки на картофелепродукты.

Многообразие направлений и почвенно-климатических условий выращивания обуславливает необходимость создания разнообразных по комплексу хозяйственно-полезных признаков и свойств сортов этой культуры.

Сорта картофеля селекции Института картофелеводства НААН и его Полесской опытной станции характеризуются высокой и стабильной урожайностью, устойчивостью к болезням, хорошей лежкоспособностью, высокими вкусовыми качествами.

Основным направлением селекции картофеля в Институте картофелеводства является создание столовых и пригодных для переработки сортов с высокими хозяйственно-ценными и качественными показателями, устойчивых к биотическим и абиотическим факторам.

Для Полесья и Лесостепи создаются сорта всех групп спелости, для Степи – преимущественно ранние и среднеранние, пригодные для двуурожайной культуры.

В структуре сортов Института картофелеводства и Полесской опытной станции наибольшее количество ранних сортов: Бородянский розовый, Глазурна, Днепрянка, Загадка, Киммеря, Мелодия, Повинь, Серпанок, Скарбница, Щедрик, Ведруска, Веста, Вымир, Тирас; из среднеранних – Водограй, Кобза, Забава, Зеленый гай, Левада, Обериг, Обрий, Поляна, Свитанок киевский, Фантазия, Дубравка, Малинский белый, Партнер.

Максимальная урожайность сортов ИК и ПОС в опытах получен на уровне 600–800 ц/га, в производственных условиях – 350–500 ц/га и выше (сорт Славянка в Киевской области – свыше 1000 ц/га).

В Институте и его Полесской опытной станции ведется планомерная работа по созданию сортов, устойчивых к патогенам. Для этого родительскими формами используется исходный материал межвидового происхождения, природные и искусственно созданные фоны, сотрудничество с другими учреждениями. Все сорта ИК характеризуются устойчивостью к раку картофеля, а ряд – и к картофельной цистообразующей нематодой. Среди них такие распространенные сорта: Повинь, Славянка, Загадка, Добрович, Днепрянка, Поран и др.

Большое внимание уделяется селекции на устойчивость к стеблевой нематодой. Относительной устойчивостью к этому патогену характеризуются сорта Серпанок, Жеран, Бородянский розовый, Червона рута, Ольвия, Тетерев, Днепрянка, Тирас, Явир и др. Ряд созданных сортов характеризуются полевой устойчивостью к фитофторозу: Луговской, Явир, Ольвия, Червона рута и др., а также к бактериальным болезням – Явир, Свитанок киевский, Днепрянка, Загадка, Божедар, Серпанок и др., вирусным болезням – Серпанок, Славянка, Днепрянка, Тетерев, Тирас и др.

Большое влияние уделяется селекции сортов, пригодных для выращивания двуурожайной культурой на юге Украины. Созданы сорта,

которые адаптированы для южного региона и пригодные на двоурожайность: Тирас, Загадка, Карлик, Скарбница, Околица, Явир и др.

В последние годы созданы сорта нового поколения, которые характеризуются высокой урожайностью, адаптивностью к условиям выращивания, комплексом хозяйственно-ценных признаков: Щедрик, Киммерея, Околица, Вымир и др.

Для использования в практической селекционной работе в ИК постоянно проводятся исследования по формированию и изучению генетических ресурсов – отечественных, зарубежных, местных сортов, диких, примитивных и культурных видов, межвидовых гибридов.

Лабораторией исходного материала разработана схема интрогрессии ценных генов контроля хозяйственных признаков от сородичей культурных сортов картофеля в исходный селекционный материал. Созданы доноры и исходный материал, полученные от диких, примитивных и культурных видов, устойчивые к фитофторозу, сухой фузариозной гнили, бактериальным болезням, крахмалистости. Для преодоления нескрещиваемости филогенетически отдаленного вида *S.bulbocastanum* были изучены и подобраны посредники, в результате чего удалось вовлечь его в селекционную работу по созданию исходного и фитофтороустойчивого материала.

Из генетических разработок широко внедряются в селекционную практику исследования по наследованию основных признаков от родительских форм.

В содружестве с Укр. НИС по карантину растений начаты исследования по созданию и выделению селекционного материала устойчивого к фомозу и бурой бактериальной гнили.

Установлены особенности подбора родительских пар для селекции на пластичность, стабильность и другие ценные признаки.

В Украине селекция картофеля проводилась в учреждениях, расположенных в Полесье, Лесостепи и Карпатах. В ИК разработана стратегия селекции в условиях меняющегося климата, которая основывается на создании сортов, адаптированных к неблагоприятным факторам среды.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Селекция картофеля в Украине начата в 1914 г. на Киевской краевой с-х. опытной станции. Затем – на Носовской с-х. опытной станции, с 1929 года – на Полесской опытной станции им. А.Н.Засухина, а с 1932 года – в Немешаево Киевской области (сейчас Институт картофелеводства Национальной академии аграрных наук Украины). Институт является Центром по селекции картофеля.

На начальном периоде селекции картофеля использовалась внутривидовая гибридизация в пределах вида *S.tuberosum*, затем широко

вовлекались в скрещивания исходный материал межвидового происхождения.

В Институте картофелеводства и его Полесской опытной станции ведется селекция по созданию столовых сортов, а также – пригодных для переработки с высокими хозяйственно-ценными признаками, устойчивостью к биологическим и абиотическим факторам. Создаются сорта всех групп спелости, для Степной зоны, преимущественно ранние и среднеранние сорта, пригодные для двуурожайной культуры. В последние годы созданы сорта, которые характеризуются высокой урожайностью, адаптивностью к условиям выращивания.

Для использования в практической селекции в Институте картофелеводства проводятся исследования по формированию и изучению генетических ресурсов на межвидовой основе.

Широко внедряются в селекционную практику исследования по наследованию основных признаков от родительских форм.

Разработана стратегия селекции в условиях меняющегося климата.

Литература

1. Картопля/ за ред.В.В.Кононученка, М.Я.Молоцького. – Біла Церква. 2002. – 536с.
2. Букасов, С.М. Основы селекции картофеля/ С.М.Букасов, А.Я.Камераз. – М.-Л.: Сельхозгиз, 1959. – 528С.
3. Осипчук, А.А. Селекція картоплі в Україні з урахуванням зон вирощування / А.А.Осипчук // Картоплярство. – К.: Аграр.наука, 2009. – Вип.38. – С.25-31.
4. Осипчук, А.А. Стан та перспективи використання генетичних і біотехнологічних розробок у селекції картоплі / А.А.Осипчук, Т.М.Олійник //Картоплярство України. – К.: Вид. “КИТ”, 2007, №3-4. – С.13-16.
5. Осипчук, А.А. Стратегія селекції картоплі в умовах зміни клімату та інших факторів навколишнього середовища / А.А.Осипчук. //Картоплярство України. – К.:Вид “КИТ”, 2010, №3-4. – С.6-8.
6. Державний Реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні (витяг станом на 22.05.2012: оф.видання) Мінагрополітики України. Державна служба з охорони прав на сорти рослин. – К.:ТОВ “Алефа”, 2012. – 230С.
7. Методичні рекомендації щодо проведення досліджень з картоплею. – Немішаєве, 2002. – 182С.

POTATO BREEDING IN THE UKRAINE

OSIPTCHUCK A.A., SIDORTCHUCK V.I., FUDYGA N.N.

SUMMARY

Highlights of potato breeding in the Ukraine, achievements and objectives of a potato breeding program in the Institute for Potato Growing of the National Academy of Agrarian Sciences of the Ukraine, general methods of breeding and genetics research are given/

Key words: potato, varieties, research methods, formation of potato breeding

Поступила в редакцию 17.04.2013 г.

УДК: 631.52; 635.21.

СЕЛЕКЦИЯ КАРТОФЕЛЯ ПРОЯВЛЕНИЕ ГЕТЕРОЗИСА У ГИБРИДОВ КАРТОФЕЛЯ (*SOLANUM TUBEROSUM* L.) «ПО ПРИЗНАКУ МАССА 1000 СЕМЯН» В УСЛОВИЯХ ГОРНОЙ ЗОНЫ ТАДЖИКИСТАНА

Партоев К.

Институт ботаники, физиологии и генетики растений

АН Республики Таджикистан,

E-mael: pkurbonali@yahoo.com

РЕЗЮМЕ

*В условиях горного пояса Таджикистана (Джиргитальский район, 2700 м.н.у. моря) нами была проведена внутривидовая (*Solanum tuberosum* L.) гибридизация картофеля. При подборе родительских форм для скрещивания особое внимание было уделено хозяйственно-ценным признакам: продуктивности, скороспелости, устойчивости к болезням и лежкости клубней при хранении. Были определены показатели истинного ($G_{ист}$) и гипотетического гетерозиса ($G_{гип}$), а также коэффициента доминирования (H) по признаку «масса 1000 семян». Выявлены наиболее перспективные гибридные комбинации.*

Ключевые слова: картофель, гибридизация, ягода, гетерозис, Таджикистан.

Гетерозис (от греческого слова heteroiosis – изменение, превращение) – это ускорение роста, увеличение размеров, повышение жизнеспособности и продуктивности гибридов первого поколения по сравнению с родительскими организмами. При скрещивании организмов с разной наследственностью происходит биохимическое обогащение гибрида, у него усиливается обмен веществ, что и вызывает проявление гетерозиса. В последующих поколениях эффект гетерозиса постепенно затухает. У вегетативно размножаемых растений (картофель, плодовые и ягодные культуры) возможно закрепление гетерозиса в потомстве [3–5].

Гетерозис – явление более мощного развития гибридов первого поколения по сравнению с родительскими формами – линиями и сортами [1]. Термин гетерозис был предложен Шеллом в 1914 г., но явление более мощного развития гибридов по сравнению с родительскими формами у многих видов растений было описано Дарвином в 1862 г. [цит. по 1].

Густафссон [7] описывает три типа гетерозиса у растений: репродуктивный (цветков и соцветий), соматический (стеблей, побегов, листьев, клубней, корнеплодов) и адаптивный (зимостойкости,

засухоустойчивости, скороспелости). Многие авторы сообщают [2,6,8,9], что возможности совершенствования традиционных методов селекции на гетерозис связанные с выделением лучших родительских форм, их гибридизацией, отбором гетерозисных гибридов в ранних поколениях далеко не исчерпаны.

Решение проблемы повышения эффективности селекции картофеля видится в сочетании традиционных и новых генетических подходов. Успех селекции в большей степени зависит от силы проявления гетерозиса у гибридов по важнейшим хозяйственно-полезным признакам и биологическим свойствам. В связи с этим нами были проведены гибридизация картофеля в условиях горного пояса нашей республики для получения гибридов картофеля и изучения особенности проявления силы гетерозиса у гибридов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Объектами исследований для гибридизации послужили сортообразцы картофеля из коллекции Института ботаники, физиологии и генетики растений АН Республики Таджикистан (сорта Кардинал, Пикассо, Зарина, Дусти, Таджикистан, Рашт), а также гибриды, полученные из Международного Центра Картофеля (СИП). Сортообразцы картофеля были посажены в мае. Площадь питания – 60 x 20 см. В питомнике гибридизации каждый сортообразец картофеля сажали по 50 клубней на двухрядковых дулянках.

В 2009 году было проведено скрещивание по следующим гибридным комбинациям: Клон – 48 x Кондор, Дусти x Пикассо, Клон-66 x Файзабад, Файзабад x Пикассо, Клон 40/1x Дусти, Зарина x Дусти, Клон-23 x Пикассо, Кардинал x Кондор, Дусти x Кондор, Клон 48 x Дусти и другие. Всего были проведены скрещивания по 37 гибридным комбинациям. В статье приводятся наиболее перспективные из них. Также были получены семена от самоопыления исходных форм.

Зимой ботанические семена из полученных ягод были отмыты и взвешены. Была определена масса 1000 ботанических семян каждой гибридной комбинации (F₁), а также семян полученных от самоопыления исходных форм (P).

Были определены показатели гипотетического, истинного гетерозиса и коэффициента доминирования по методике Абрамовой (1985):

1. Истинный гетерозис ($\Gamma_{\text{ист}}$) – способность гибридов F₁ превосходить по данному признаку лучшую из родительских форм (P_л) – определяли по формуле:

$$\Gamma_{\text{ист}} = \frac{F_1 - P_{\text{л}}}{P_{\text{л}}} \times 100\%$$

2. Гипотетический гетерозис ($\Gamma_{\text{гип}}$) – способность гибридов F₁ превосходить по данному признаку средний показатель данного признака у родительских форм (P_{ср}) – определяли по формуле:

$$\Gamma_{\text{гип}} = \frac{F_1 - P_{\text{ср}}}{P_{\text{ср}}} \times 100\%.$$

3. Коэффициент доминирования продуктивности у гибридов F_1C_1 был определен по формуле:

$$H = \frac{F_1 - P_{cp}}{P_1 - P_{cp}}$$

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Как показали наши исследования у картофеля наблюдается гетерозис и доминирование по признаку «масса 1000 семян» (таблица 1). Как видно из таблицы 1 масса 1000 семян зависела от генотипа исходного сорта и комбинации скрещивания.

Таблица 1 – Масса 1000 семян родительских форм и их гибридов.

№	Исходные родительские сорта и гибриды	Масса 1000 семян, мг
1	Кардинал	520,0±3,5
2	Зарина	567,5±4,4
3	Кондор	532,5±4,7
4	Дусти	572,5±4,5
5	Пикассо	522,5±4,8
6	Файзабад	572,5±4,5
7	Гибрид – 23	550,0±4,2
8	Клон – 40/1	517,5±5,1
9	Клон – 48	445,0±4,6
	Среднее значение (X_p ср.)	533,3
10	(Файзабад х Пикассо)	790,0±5,2
11	(Зарина х Дусти)	731,3±4,8
12	(Гибрид – 23 х Пикассо)	827,5±4,7
13	(Клон – 40/1 х Дусти)	676,3±5,4
14	(Кардинал х Кондор)	667,5±5,1
15	(Кардинал х Пикассо)	590,0±5,2
16	(Клон – 48 х Кондор)	845,0±5,4
17	(Клон – 48 х Дусти)	862,5±4,8
18	(Дусти х Кондор)	681,3±4,7
19	(Дусти х Пикассо)	713,8±5,2
	Среднее значение (X_{F_1} ср.)	738,5
	Средняя арифметическая общая	641,32
	Дисперсия	15803,03
	Стандартное отклонение	125,71
	Коэффициент вариации	19,60
	Ошибка средней	28,83
	$HCP_{05} = t_{05} * S_x$	34,60

РАЗДЕЛ 1. СЕЛЕКЦИЯ КАРТОФЕЛЯ

Масса 1000 семян у исходных форм колебалась в пределах 445–572,5 мг. Самый низкий показатель наблюдался у сортообразца Клон – 48 (445 мг), а самый высокий у сортов Дусти и Файзабад (572,2 мг). В среднем этот показатель у исходных родительских форм составлял 533,3 мг.

У гибридных комбинаций картофеля этот признак был значительно выше и колебался в пределах 590–862,5 мг. Относительно низкий показатель по данному признаку наблюдался у гибридных комбинаций Кардинал х Пикассо, Кардинал х Кондор и Клон – 40/1 х Дусти, у которых данный признак колебался в пределах 590,0–676,3 мг. Наиболее высокий показатель по данному признаку наблюдался в гибридных комбинациях Гибрид-23 х Пикассо, Клон- 48 х Кондор и Клон – 48 х Дусти, у которых масса 1000 семян составляла 825,0–862,5 мг.

В среднем у гибридных семян данный показатель составлял 738,5 мг, что на 205,2 мг или на 38,48% больше, чем средний показатель данного признака у родителей. Таким образом, по признаку «масса 1000 семян» гибридные комбинации картофеля превосходят родительские формы.

Показатели истинного и гипотетического гетерозиса представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Гетерозис по признаку «масса 1000 семян» у гибридных комбинаций картофеля

Гибридные комбинации	Масса 1000 семян (мг):			Гетерозис (%):	
	гибридов (F ₁)	средняя родителей (P _{ср})	лучшего родителя (P _л)	гипотетический	истинный
(Клон–48 х Кондор)	845,0	488,7	532,5	72,89	58,69
(Клон–48 х Дусти)	862,5	508,7	572,5	69,53	50,66
(Гибрид–23 х Пикассо)	827,5	536,2	550,0	54,31	50,45
(Файзабад х Пикассо)	790,0	547,5	572,5	44,29	37,99
(Зарина х Дусти)	731,3	570,0	572,5	28,29	27,73
(Кардинал х Кондор)	667,5	526,2	532,5	26,84	25,35
(Дусти х Пикассо)	713,8	547,5	572,5	30,37	24,67
(Дусти х Кондор)	681,3	552,5	572,5	23,30	19,00
(Клон – 40/1 х Дусти)	676,3	545,0	572,5	24,08	18,12
(Кардинал х Пикассо)	590,0	521,2	522,5	13,19	12,92

Как видно из таблицы по признаку масса 1000 семян у гибридов наблюдается гипотетический ($G_{гип}$) и истинный гетерозис ($G_{ист}$). Гипотетический гетерозис ($G_{гип}$) у анализируемых комбинаций колебался в пределах 13,19–72,89% , а истинный гетерозис соответственно – 12,92–58,69%. Наиболее высокий гетерозис наблюдался в комбинациях Клон 48 х Кондор, Клон 48 х Дусти, Гибрид 23 х Пикассо.

Таким образом, по признаку «масса 1000 семян» у гибридных комбинаций картофеля наблюдались высокие показатели по гипотетическому и истинному гетерозису.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В условиях горного пояса Республики Таджикистан на высоте 2700 м над уровнем моря имеются хорошие агроэкологические условия для получения полноценных гибридных семян картофеля вида *S. tuberosum* L. Полученные здесь гибридные семена имеют высокие показатели по гипотетическому (13,19–72,89%) и истинному (12,92–58,69%) гетерозису. Перспективными гибридными комбинациями по проявлению гетерозиса по признаку «масса 1000 семян» в условиях высокогорья оказались: Клон48 х Кондор, Клон48 х Дусти, Гибрид23 х Пикассо.

Литература

1. Абрамова, З.В. Генетика: программированное обучение. М., Агропромиздат, 1985.– 286 с.
2. Альсмик, П.И. Селекция картофеля на повышенное содержание сухих веществ – крахмала и белка //Результаты исследований по селекции и семеноводству картофеля. – Труды НИИ картофельного хозяйства. – М., 1970.–С. 29-35.
3. Будин, К.З. Генетические основы селекции картофеля. Л., 1986. – 192с.
4. Камераз, А.Я. Межвидовая и внутривидовая гибридизация картофеля // Генетика картофеля. М.: Наука, 1973. – С. 104–121.
5. Симаков, Е.А. Генетические и методологические основы повышения эффективности селекционного процесса картофеля. Автореф. док. дисс. с.х. н. Москва, 2010. – 48с.
6. Ермишин, А.П. Генетические основы селекции картофеля на гетерозис. Минск: Технология, – 1998. – 183 с.
7. Gustafson, A. The effect of heterozygosity on variability and vigour. Hereditas, 1946, 32: 263–284.
8. Яшина, И.М., Склярова И.П. //Генетика полиплоидных видов картофеля. //Генетика картофеля. М.: Наука, 1973.- С. 82-103.

9. Luthra, S.K., Pandey, S.K., Singh, B.P., Kang, G.S., Singh, S.V., Pande, P.C. Potato Breeding in India. Central Potato Research Institute. 2006, 3–71.

DISPLAY OF HETEROSIS AT POTATO HYBRIDS (*SOLANUM TUBEROSUM* L.) IN THE CONDITIONS OF THE MOUNTAIN ZONE OF TAJIKISTAN

PARTOEV K

*In the conditions of a mountain area of Tajikistan (Jirgital district, 2700 altitude) by us it is spent interspecies (*Solanum tuberosum* L.) potato hybridizations at various schemes of crossing. At selection of the parental forms, used in the course of crossing the special attention has been given such economic – to valuable signs, as efficiency, precocity, stability to illnesses and keeping capacity of tubers at storage. The received hybrids of a potato have the best indicators to morphological signs, on growth by development, on formation degree generative bodies, and also on efficiency. The effect heterosis to quantitative signs at hybrids depending on the crossing scheme was a miscellaneous 1000 pieces of the received hybrid seeds, quantity of tubers, weight of one tuber and efficiency at hybrids of a potato are defined true (H_{tru}), hypothetical heterosis (H_{hyp}) and domination factor (H). The most valuable hybrid combinations for reception of new perspective hybrids, lines, forms and potato clones in selection process are revealed.*

Key words: potato, hybridization, berry, heterosis, Tajikistan.

Поступила в редакцию 24.01.2013 г.

УДК 635.21:631.523.4:631.527.5

ОЦЕНКА ГИБРИДНЫХ КОМБИНАЦИЙ КАРТОФЕЛЯ ПО СТЕПЕНИ ПРОЯВЛЕНИЯ ПРИЗНАКОВ «СОДЕРЖАНИЕ АМИЛОЗЫ И АМИЛОПЕКТИНА»

Пискун Г.И., Козлова Л.Н.

РУП «НПЦ НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству»
«Научно-практический центр НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству», Беларусь.

E-mail: secretary@brip.basnet.by

РЕЗЮМЕ

Изучены закономерности наследования признаков содержание амилозы и амилопектина. Дана оценка гибридным комбинациям по частоте встречаемости в потомстве гибридов с высоким содержанием амилозы и амилопектина. Установлены корреляционные связи между показателями изучаемых признаков у родителей и потомства и предложены способы подбора исходных форм для гибридизации.

Выделены перспективные комбинации, которые необходимо использовать для создания сортов с высоким содержанием амилозы и амилопектина.

Ключевые слова: селекция, амилоза, амилопектин, комбинации, гибриды, потомство, коэффициент корреляции, сорт.

ВВЕДЕНИЕ

Картофель является основным сырьем для производства крахмала в Республике Беларусь. Картофельный крахмал – обязательный компонент при изготовлении более 500 наименований продукции в пищевой, фармацевтической, бумажной, текстильной, деревообрабатывающей, строительной, керамической, химической промышленности.

Крахмал – смесь двух высокомолекулярных полисахаридов – **амилозы и амилопектина**, которые построены из остатков глюкозы и от количества которых зависит качество определённой продукции [1]. В картофельном крахмале накапливается 20–37% амилозы и 80–63% амилопектина [2]. От их соотношения зависят такие основные свойства картофельного крахмала как набухаемость, клейстеризация, вязкость, способность к образованию геля. Так более рассыпчатое пюре из крупки и хлопьев получается при переработке картофеля содержащего более 20% амилозы. Для спиртовой промышленности требуются сорта с максимальным содержанием амилозы. И, наоборот, для текстильной промышленности необходимы сорта с высоким накоплением

амилопектина, который обуславливает вязкость крахмального клейстера [3]. С увеличением содержания амилопектина в крахмале снижается хрупкость хрустящего картофеля [4].

Поскольку амилоза и амилопектин имеют различные потребительские свойства, основная задача селекции должна быть направлена на выведение сортов с различным их соотношением. Однако методологические аспекты создания сортов данного направления разработаны недостаточно, что не способствует целенаправленному и эффективному их созданию.

Поэтому основная цель наших исследований изучить закономерности наследования амилозы и амилопектина у гибридного потомства, дать оценку различным по происхождению гибридным комбинациям по частоте встречаемости форм с высоким уровнем данных признаков, установить корреляционные связи между отдельными показателями и на этой основе предложить эффективные способы селекции.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Исследования выполнены в отделе селекции картофеля и лаборатории биохимической оценки и агрохиманализа РУП «НПЦ НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству» «Научно-практический центр НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству» в 2009–2011 гг. Материалом для исследований служило потомство 16 комбинаций, полученное от скрещивания родителей с различным накоплением амилозы и амилопектина. Оценка гибридного потомства проводили в первом клубневом поколении. Для чего гибридные комбинации высаживались в поле. Среди комбинаций размещались родительские формы, с участием которых они получены. Уборку проводили поустно. В каждой гибридной семье без браковки брали по сто образцов, из которых впоследствии выделяли крахмал. Содержание амилозы определяли по методике разработанной А.И. Ермаковым [5]. Аналогично проводилась оценка родительских форм.

Показатель степени фенотипического доминирования признака (h_p) определяли по формуле, предложенной Griffing G.B.:

$$h_p = (F1 - M_p) / (P_{\max} - M_p)$$

где F1- среднее значение признака у потомства;

M_p – среднее значение признака у родителей;

$P_{\max}$ – среднее значение признака у лучшего родителя [6].

Статистический анализ полученных данных выполнен на ПЭВМ с использованием общепринятых в биологии статистических методов.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Показатели коэффициентов вариации ($V=4,8-9,6\%$) указывают на невысокую степень варьирования содержания амилозы у гибридного потомства (таблица 1).

Таблица 1 – Количество амилозы у гибридного потомства в зависимости от родительских форм

№ по каталог у	Происхождение	Значение признака, %				Коэффициент (%) вариации	Коэф- фициент Доминиро- вания
		♀	♂	среднее родителей	Потом- ства		
8593	Ольга х Маг	27,6	26,1	26,8	27,6	9,6	1,0
8565	Червона рута х 6856-1	29,6	26,8	28,2	28,5	8,8	0,21
8557	5701-17 х 6856-1	26,6	26,8	26,7	26,1	8,0	0,86
8569	Карморан х 6856-1	28,1	26,8	27,4	26,8	7,9	0,85
8568	Маг х 6856-1	26,1	26,8	26,4	26,0	7,6	1,0
8570	Лазарь х 6856-1	25,8	26,8	26,3	24,1	7,7	-4,4
8681	Курас х Атлант	26,0	27,3	26,6	25,8	7,8	-1,1
8679	Альбатрос х Атлант	27,3	27,3	27,3	28,8	7,6	0
8675	Икар х Атлант	29,9	27,3	28,6	28,9	6,6	0,2
8829	Яся х Атлант	27,9	27,0	27,4	27,9	8,0	1,0
8849	Здабытак х Атлант	27,3	27,0	27,2	26,7	8,0	-5,0
8848	Медуза х Атлант	27,0	27,3	27,2	28,0	7,6	8,0
8825	Пася х Атлант	29,6	27,0	28,3	27,2	4,8	0,8
8630	Курас х Максимум.	26,0	27,9	27,0	28,1	7,2	1,2
8838	Медуза х Максимум	27,0	28,4	27,7	27,1	7,3	-0,9
8842	Яся х Максимум	27,9	28,4	28,2	28,9	6,4	3,0
8835	Лазарь х Максимум	25,5	28,4	27,0	26,9	7,5	-0,1

РАЗДЕЛ 1. СЕЛЕКЦИЯ КАРТОФЕЛЯ

Установлены различные типы наследования данного признака. У 23,5% комбинаций средние показатели гибридного потомства и родителей были на одном уровне, а значения коэффициентов доминирования близкими к нулю, что указывает на промежуточный характер наследования и аддитивное действие генов. Положительное доминирование отмечено у 35,3% гибридных семей. Проявление гетерозиса наблюдали в трёх скрещиваниях: Медуза х Атлант и Яся х Максимум, Курас х Максимум. У 17,6% комбинаций выявлена депрессия.

В целом же у изученных комбинациях установлена относительно высокая положительная корреляция ($r \pm sr = 0,707 \pm 0,182$) между средними показателями родителей и их потомства.

Таблица 2 – Коэффициенты корреляции

Корреляция	Амилоза	Амилопектин
средняя родителей – средняя потомства	0,707±0,182	0,708±0,182
средняя родителей – процент отбора	0,468±0,268	0,700±0,182
средняя потомства-процент отбора	0,854±0,134	0,675±0,190

Частота форм с содержанием амилозы более 30% составила в зависимости от происхождения комбинаций – 0–40% (таблица 3).

Таблица 3 – Частота форм с высоким содержанием амилозы в зависимости от происхождения комбинаций, 2009–2011 гг.

Комбинации	Содержание амилозы у родителей		Доля(%) гибридов >30%	Пределы варьирования мин-макс
	♀	♂		
5701-17х6856-1	Н	С	0	22,0-29,4
Маг х 6856-1	Н	С	8,2	22,3-33,0
Ольга х Маг	Н	С	18,0	23,2-33,1
Лазарь х 6856-1	Н	С	0	19,3-30,3
Курас х Атлант	Н	С	2,0	21,4-30,3
Альбатрос х Атлант	С	С	40,0	24,8-32,9
Здабытак х Атлант	С	С	6,0	22,1-32,1
Медуза х Атлант	С	С	18,0	23,6-33,4
Курас х Максимум	Н	В	18,0	23,9-33,8
Лазарь х Максимум	Н	В	10,0	22,8-32,3
Пася х Атлант	В	С	2,0	22,8-30,2

РАЗДЕЛ 1. СЕЛЕКЦИЯ КАРТОФЕЛЯ

Продолжение таблицы 3

Червона рута х 6856-1	В	С	24,5	20,3-33,9
Карморан х 6856-1	В	С	8,2	22,3-33,0
Яся х Атлант	В	С	22,0	23-32,5
Икар х Атлант	В	С	30,0	24,3-32,7
Медуза х Максимум	С	В	8,0	23,9-33,8
Яся х Максимум	В	В	20,0	25,4-33,0

Примечание: Н – низкое, С – среднее, В – высокое значение признака.

При этом не прослеживается чёткой закономерности между количеством таких образцов и происхождением потомства. Так максимальное количество гибридов с высоким содержанием амилозы выделено в гибридной популяции Альбатрос х Атлант со средним уровнем признака у родителей и 20,0% в комбинации Яся х Максимум, у исходных форм которой содержание амилозы высокое. Среднее количество таких образцов в различных скрещиваниях составило: низкое х среднее – 5,6, среднее х среднее – 21,3, низкое х высокое – 14, среднее х высокое – 20,0 и высокое х высокое – 20,0%. Эту закономерность подтверждает значение коэффициента корреляции ($r \pm sr = 0,468 \pm 0,268$) между средним показателем родителей и процентом отбора гибридов с высоким содержанием амилозы.

Однако в целом анализируя полученные данные можно сделать заключение, что при селекции на повышение данного признака более значимых результатов можно достичь при вовлечении в гибридизацию родителей со средним и высоким содержанием амилозы. Надёжным критерием прогнозирования отбора ценных в данном направлении генотипов является средний показатель потомства.

В основном такие же закономерности, как и у амилозы, установлены по второму компоненту крахмала – амилопектину. Данные, приведенные в таблице 4, подтверждают незначительную степень варьирования содержания амилопектина у гибридного потомства ($v = 1,8 - 3,6\%$).

Таблица 4 – Содержание амилопектина у гибридного потомства в зависимости от родительских форм

№ по каталогу	Происхождение	Значение признака, %				Коэффициенты	
		♀	♂	среднее родителей	потомства	Вариации, %	Доминирования
8565	Червона рута х 6856-1	70,6	73,2	71,9	71,5	3,4	-0,3
8593	Ольга х Маг	72,4	73,9	73,2	72,7	3,6	-2,0
8557	5701-17 х 6856-1	73,4	73,2	73,3	73,8	2,9	5,0

РАЗДЕЛ 1. СЕЛЕКЦИЯ КАРТОФЕЛЯ

Продолжение таблицы 4

8569	Карморан х 6856-1	71,9	73,2	72,6	73,2	2,9	1,0
8570	Лазарь х 6856-1	74,2	73,2	73,7	74,1	2,7	0,8
8568	Маг х 6856-1	73,9	73,2	73,6	75,9	2,4	7,7
8681	Курас х Атлант	74,0	72,7	73,4	74,2	2,7	1,3
8679	Альбатрос х Атлант	72,6	72,7	72,7	71,2	3,1	-9,0
8675	Икар х Атлант	70,1	72,7	71,4	71,1	2,7	-0,2
8829	Яся х Атлант	72,1	73,0	72,6	71,9	3,7	-1,8
8849	Здабытак х Атлант	72,7	73,0	72,8	73,4	3,3	3,0
8825	Пася х Атлант	70,4	73,0	71,7	72,8	1,8	0,8
8848	Медуза х Атлант	73,0	73,0	73,0	72,0	3,0	0
8838	Медуза х Максимум	73,0	71,6	72,3	72,5	3,6	0,3
8842	Яся х Максимум	72,1	71,6	71,8	71,1	2,7	-2,3
8835	Лазарь х Максимум	74,5	71,6	73,1	73,1	2,8	0
8630	Курас х Максимум.	74,0	72,1	73,1	72,0	2,8	-0,6

Наиболее характерным (29,4%) для данного признака было промежуточное наследование. У 23,5% комбинаций выявлен гетерозис и у такого же количества наблюдали депрессию. Положительное доминирование отмечено у 17,6% гибридных семей, а отрицательное только в скрещивании Курас х Максимум.

Относительно высокий показатель коэффициента корреляции ($r \pm sr = 0,708 \pm 0,182$) между средними значениями родителей и потомства подтверждает данные закономерности и указывает на возможность подбора родительских форм по фенотипу при селекции на повышение содержания амилозы у картофеля.

Частота форм с содержанием амилопектина >75% составила в зависимости от происхождения потомства 0 – 62,9% (таблица 5).

Таблица 5 – Частота гибридов с высоким содержанием амилопектина в зависимости от происхождения комбинаций, 2009–2011 гг.

Комбинации	Содержание амилопектина у родителей.		Доля(%) гибридов >75%	Пределы варьирования, мин-макс.
	♀	♂		
Икар х Атлант	Н	С	2,0	67,3-75,7
Пася х Атлант	Н	С	6,0	69,8-75,4

РАЗДЕЛ 1. СЕЛЕКЦИЯ КАРТОФЕЛЯ

Продолжение таблицы 5

Альбатрос х Атлант	х	С	С	6,0	67,1-75,2
Яся х Атлант		С	С	6,0	67,5-75,9
Здабытак х Атлант	х	С	С	6,0	76,1-76,9
Медуза х Атлант		С	С	4,0	66,6-76,4
Медуза х Максимум	х	С	С	10,	66,6-75,9
Яся х Максимум		С	С	0	66,5-74,4
Червона рута х 6856-1	х	Н	В	8,2	66,1-77,0
Ольга х Маг		С	В	26,0	66,9-76,8
Карморан х 6856-1		С	В	18,0	67,0-77,7
Курас х Атлант		В	С	40,0	69,7-78,6
Лазарь х Максимум	х	В	С	16,0	67,7-76,2
Курас х Максимум	х	В	С	8,0	67,8-77,2
5701-17 х 6856-1		В	В	33,3	70,1-78,0
Лазарь х 6856-1		В	В	69,2	73,1-80,9
Маг х 6856-1		В	В	26,0	69,7-80,7

Примечание: Н – низкое, С – среднее, В – высокое значение признака.

В зависимости от типа скрещиваний среднее количество гибридов с высоким содержанием данного вещества составило: Н х С – 3,0; С х С – 5,0; С х В – 21,6; В х В – 42,8%. Наблюдалась достаточно высокая зависимость ($r \pm sr = 0,700 \pm 0,182$) между количеством таких образцов и уровнем амилопектина у родителей.

Полученные данные подтверждают возможность повышения содержания амилопектина у картофеля селекционным путём. При этом более высокого результата можно достичь при условии вовлечения в гибридизацию родителей со средним и высоким проявлением признака.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В изученных комбинациях установлены различные типы наследования анализируемых признаков. Для признака содержание амилозы наиболее характерными были положительное доминирование и промежуточное наследование. Наследование амилопектина происходило в основном по типу промежуточного наследования, в меньшей степени депрессии, сверхдоминирования и положительного доминирования

2. Наличие положительной корреляции между значением данных признаков у родителей и потомства указывает на возможность подбора исходных форм для гибридизации по фенотипу.

3. Выявлены перспективные для повышения содержания амилозы комбинации: Альбатрос х Атлант, Червона рута х 6856-1, Яся х Атлант, Икар х Атлант, Яся х Максимум, амлопектина: Ольга х Маг, Курас х Атлант, 5701-17 х 6856-1, Лазарь х 6856-1, Маг х 6856-1, в которых выделено от 20,0 до 69,2% генотипов с высоким уровнем проявления данных признаков

Литература

1. Бульба белорусская: энциклопедия / А.О. Бобрик [и др.]; под общ. ред. И.И. Колядко. – Минск: Беларус. Энцыклапедыя імя П. Броўкі. – 2008. – 384 с.

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

3. Качество и безопасность пищевых продуктов: учеб. пособие для студентов высших уч. зав. по спец. «Химия», «Товаровед. и эксперт. Товаров» / З.В. Ловкис [и др.]. – Минск: ИВЦ Минфина, 2010. – 398 с.

4. Ермольев, Е. Методы оценки картофеля в современной селекции / Е. Ермолаев, И. Задина. – М., 1959. - 168 с.

5. Методы биохимического исследования растений / В.В. Арасимович [и др.]; под.ред. А.И. Ермакова. – М.: Колос, 1987. -456 с.

6. Griffing, G.B. Analysis of quantitative gene action by constant parent regression and related techniques / G.B. Griffing // Genetics. – 1950. – Vol. 35, № 3. – P. 303–321.

**ESTIMATION OF HYBRID COMBINATIONS ON INHERITANCE OF
MAINTENANCE AMYLOSE AND AMYLOPECTIN**

PISKUN G.I., KOZLOVA L.N.

SUMMARY

Laws of inheritance of signs the maintenance amylose and amylopectin are studied. The estimation is given hybrid combinations on frequency of occurrence in posterity of hybrids with the high maintenance amylose and amylopectin. Correlation communications between indicators of studied signs at parents and posterity are established and ways of selection of initial forms for hybridization are offered.

Perspective combinations which are necessary for using for creation of grades with the high maintenance amylose and amylopectin are allocated.

Key words: selection, amylase, amylopectin, combinations, hybrids, posterity, correlation factor, a variety.

Поступила в редакцию 29.04.2013 г.

УДК 635.21:631.527.097.3:631.526.32:581.5

НОРМА РЕАКЦИИ ГЕНОТИПОВ СОРТОВ БЕЛОРУССКОЙ СЕЛЕКЦИИ НА УСЛОВИЯ ВЫРАЩИВАНИЯ

Подгаецкий А.А., Коваленко В.Н.

Сумской национальный аграрный университет, Украина

E-mail: podgaje@mail.ru

РЕЗЮМЕ

Установлен высокий потенциал сортов белорусской селекции по продуктивности. Особенно в этом отношении выделились сорта Янка, Ветразь, Здабытак, Рагнеда. Доказано значительное влияние на проявление признака внешних, главным образом метеорологических условий. Минимальное значение коэффициента вариации в зависимости от условий года выявлено у сорта Дубрава при изучении в ННБК СНАУ, а максимальное – в сорта Акцент в условиях ПП «Межирицкое». У некоторых сортов в отдельные годы коэффициенты вариации имели очень небольшое значение (сорта Бриз, Здабытак, Акцент, Универсал в 2008 году – 2,5–6,9%). Только у одного сорта Дубрава преобладало частично влияние место проведения исследования. У других это относилось к условиям года.

Ключевые слова: картофель, сорта белорусской селекции, продуктивность, коэффициент вариации, часть влияния, годы исследования, место проведения эксперимента.

ВВЕДЕНИЕ

Среди факторов, влияющих на урожайность картофеля, значительное влияние оказывает сорт. Доказано, что прирост урожая от внедрения новых сортов в Европе, в зависимости от страны, за последние 25 лет составил 19–57% [1].

Несмотря на значительный потенциал сортов картофеля по урожайности (до 120–130 т/га) [2], содержанию сухих веществ (до 35%) [2], устойчивости к болезням и вредителям, приспособленности для выращивания с применением новых технологий, а также с высокими кулинарными качествами и пригодностью для длительного хранения и т. п. реализация их происходит далеко не всегда в полной мере.

Анализ данных урожайности в странах Европы за 1990–1994 годы свидетельствует, что в Бельгии она изменялась на 38, Швеции – 34, Великобритании – 24 Нидерландах – 2% [3]. Аналогичное относится к различию между сортами по содержанию крахмала. Например, у сорта Разваристый изменение проявления признака за 1958–1975 годы составило

56% [4]. Изложенное свидетельствует о значительном влиянии внешних условий на выражение показателей у сортов в зависимости, главным образом, от метеорологических факторов, а также об их узкой нормы реакции на эти условия.

Из-за недостаточной стабильности проявления агрономических признаков, по причине изменения внешних условий, одной из основных задач сортоиспытания является определение возможностей реализации потенциала сортов при выращивании в оптимальных для них почвенно-климатических условиях. Скрининг полученных данных позволяет определить рекомендуемые зоны для их распространения, позволит сортам более полно реализовать свой генетический потенциал при выращивании.

В то же время, должна быть изменена стратегия селекции с переводом на рельсы адаптивной. Несмотря на то, что эта задача поставлена относительно давно, значительных достижений в ее решении до нынешнего времени не достигнуто. Во многом это обусловлено отсутствием апробированных методов оценки адаптивности сортов, ценного исходного селекционного материала по признакам и отработанных специфических подходов в селекции полевых культур в конкретных регионах.

Реализация генетической информации, которая определяет основные направления онтогенеза, осуществляется в процессе взаимодействия генотипа и среды (ВГС). Этот процесс представляет собой общую фенотипическую вариацию и возникает из-за несоответствия генетических и негенетических эффектов [5].

По мнению отдельных ученых [6], ВГС – это форма выражения развития растений, как открытой системы, которая определяет организацию обмена веществ в процессе онтогенеза.

В общебиологическом смысле ВГС – это отражение факта, что генотип не может существовать вне среды и развивается только в процессе взаимодействия этих двух движущих составляющих [7].

В количественной генетике признано более конкретное определение ВГС – это разница реакции различных генотипов в ответ на одинаковые изменения окружающей среды, что является результатом различия экспрессивности генов в разных условиях внешней среды за счет детерминации признаков отличающимися генетическими системами, которые активизируются в зависимости от условий выращивания [8]. ВГС проявляется через размах (границы) изменчивости проявления признака под влиянием изменений окружающей среды при контроле неизменным генотипом.

Для характеристики нормы реакции генотипа (НРГ) используются различные показатели: адаптация, пластичность, стабильность, адаптивность (адаптивный потенциал), адаптивная норма, гомеостаз, отражающие взаимоотношения в системе генотип – среда. В то же время, в отечественной и зарубежной литературе эти понятия часто трактуются по-разному, или как дополнение одним другого, что затрудняет оценку таких

параметров и использование их в научной литературе [9]. Главное при трактовке упомянутых понятий – это определение для них биологической сущности.

По мнению некоторых ученых [10] понятие «адаптация» очень емкое. Оно характеризует фенологию явления, не раскрывая механизмов, которые его объясняют. Поэтому, если раскрывать сущность взаимодействия в системе генотип-фенотип, как реализация первого в приспособительных условиях, то необходимо исследовать норму реакции генотипа.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

В исследовании в качестве исходного материала использованы сорта селекции РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству». По спелости они имеют такую характеристику: среднеранний (Бриз), среднеспелые (Дубрава, Янка), среднепоздние (Блажит, Маг, Универсал, Рагнеда, Ветразь) и поздние (Здабытак, Акцент).

Особенно высокая урожайность (60 т/га и более) свойственна сортам Бриз, Янка, Блажит, Здабытак, Рагнеда. Все сорта имеют достаточно удовлетворительные вкусовые качества, а такие из них, как Универсал и Рагнеда – хорошие и отличные. Большинство сортов характеризуются повышенным содержанием крахмала (до 18%), а некоторые из них: Ветразь, Универсал имеют его содержание до 21%, а сорт Здабытак – 19–26%. Особенность последнего – большой сбор крахмала с гектара. Сортам (Дубрава, Янка, Ветразь, Здабытак и Рагнеда) присущ иммунитет к первому патотипу золотистой цистообразующей картофельной нематоды. Сорта по-разному проявляют устойчивость против вирусных, грибных и бактериальных болезней.

Каждый из сортов высаживали четырехрядными деланками по 22 растения в рядке с трехкратным повторением.

За период вегетации проводили фенологические наблюдения, учет поражения растений болезнями. Содержание крахмала определяли по удельному весу. Собирали урожай при полном отмирании надземной массы растений отдельно в каждом повторении. Определяли массу клубней с участка, подсчитывали количество и массу товарных клубней, мелких.

Исследования проводили в трех местах: Учебно-научном производственном центре (ННБК) Сумского национального аграрного университета (СНАУ), товариществе с ограниченной ответственностью (ТОВ) «Аграрное» Сумского района и приватном предприятии (ПП) «Межиричцкое» Радомышльского района Житомирской области. Почва в первых двух местах чернозем типичный глубокий малогумусный среднесуглинистый, а в ПП «Межиричцкое» – дерново среднеподзолистая супесчаная.

Температура воздуха за период вегетации картофеля в 2008 и 2009 годах отличалась незначительно от средней многолетней, а 2010 год имела место экстремально высокая температура. По количеству осадков июнь во все годы характеризовался их дефицитом, в другие месяцы 2008 года их выпало около средней многолетней, в 2009 году больше нормы (май, июль), а в 2010 году только июль был дождливым.

Статистическую обработку данных проводили по общепринятым методикам [11,12].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Полученные данные (таблица 1) свидетельствуют о высоком потенциале сортов белорусской селекции относительно продуктивности. В сравнительно благоприятных внешних условиях сорта Янка, Ветразь, Здабытак, Рагнеда имели выражение показателя больше 1000 г/растение. У других сортов также проявление признака было высоким с минимальным значением у сорта Универсал – 833 г/растение.

Вместе с тем выявлено значительное влияние внешних условий на продуктивность сортов. В зависимости от специфичности взаимоотношений генотипа и окружающей среды, как пространства для его реализации, наиболее высокая продуктивность выявлена в 14 случаях при испытании в 2008 году и 16–2009 году. Условия 2010 года были настолько неблагоприятными для реализации генетического потенциала сортов по продуктивности, что ни один сорт при испытании в трех местах в этот период не имел максимального выражения показателя.

За редким исключением: сорт Здабытак в 2008 году при изучении в ТОВ «Аграрное» и ПП «Межиричское»; сорт Акцент в 2009 году в условиях ТОВ «Аграрное» и ННБК СНАУ; сорт Универсал в 2008 году при испытании в ННБК СНАУ и ПП «Межиричское»; сорт Рагнеда в 2010 году в условиях ТОВ «Аграрное» и ПП «Межиричское» различия в проявлении признака по годам были существенными при уровне значимости 05. Относительно влияния условий года, то во всех сортах разница была существенной.

В зависимости от места проведения исследования выявлена максимальная продуктивность у сортов Янка, Блакит, Маг, Универсал при испытании в условиях 2008 года, а у сортов Бриз Дубрава, Ветразь, Здабытак, Акцент и Рагнеда при оценке в 2009 году.

Наименьшее отрицательное влияние на продуктивность внешних условий в годы проведения изучения отмечено у сортов Бриз, Дубрава, Маг, Акцент в условиях ННБК СНАУ, сортов Янка, Здабытак, Универсал, Рагнеда при испытании в ТОВ «Аграрное», а у сорта Блакит – ПП «Межиричское».

Наиболее благоприятным годом по внешним условиям для формирования урожайности для двух сортов: Бриз и Янка в ТОВ «Аграрное» был 2008. Для остальных сортов такими явились условия 2009 года. Аналогичное в ННБК СНАУ отмечено для трех сортов (Блакит, Маг и Универсал) в 2008

РАЗДЕЛ 1. СЕЛЕКЦИЯ КАРТОФЕЛЯ

году, а других – 2009 году. За исключением сорта Рагнеда максимальная продуктивность других сортов при испытании в ПП «Межиричцкое» имела место в 2008 году.

Таблица 1 – Продуктивность сортов картофеля белорусской селекции при испытании в трех местах Украины (г/растение)

Сорт	Место испытания	Год			Сред- нее за 3 года	НСР ₀₅	V, %
		2008	2009	2010			
Бриз	ТОВ «Аграрное»	855	853	429	712	24,6	34,4
Бриз	ННБК СНАУ	775	883	513	724	37,2	26,3
Бриз	ПП «Межиричцкое»	838	678	157	558	52,2	63,9
Среднее		812	805	366	595		
НСР ₀₅		12,5	25,3	36,7			
V, %		6,9	13,8	50,8			41,9
Дубрава	ТОВ «Аграрное»	582	824	450	619	23,2	30,7
Дубрава	ННБК СНАУ	973	999	689	887	69,4	19,4
Дубрава	ПП «Межиричцкое»	613	539	245	466	74,3	41,8
Среднее		723	787	461	657		
НСР ₀₅		21,9	35,6	63,3			
V, %		30,1	29,5	48,2			37,3
Янка	ТОВ «Аграрное»	1182	974	406	854	28,0	47,0
Янка	ННБК СНАУ	864	1013	660	846	84,1	21,0
Янка	ПП «Межиричцкое»	783	739	304	609	32,2	43,5
Среднее		943	909	457	769		
НСР ₀₅		41,8	75,8	46,0			
V, %		22,4	16,3	40,1			36,8
Блажит	ТОВ «Аграрное»	536	664	261	487	21,6	42,3
Блажит	ННБК СНАУ	700	455	329	495	36,1	38,1
Блажит	ПП «Межиричцкое»	918	600	292	603	43,5	51,9
Среднее		718	573	294	528		
НСР ₀₅		36,8	39,7	14,5			
V, %		26,7	18,7	11,6			41,1
Маг	ТОВ «Аграрное»	682	701	226	536	32,4	50,1
Маг	ННБК СНАУ	982	846	472	767	36,4	34,4
Маг	ПП «Межиричцкое»	808	528	150	495	62,7	66,7
Среднее		824	692	283	599		
НСР ₀₅		21,7	39,6	28,2			

РАЗДЕЛ 1. СЕЛЕКЦИЯ КАРТОФЕЛЯ

Продолжение таблицы 1

V,%		18,3	23,0	59,5			46,8
Ветразь	ТОВ «Аграрное»	764	1211	228	734	19,2	67,0
Ветразь	ННБК СНАУ	636	1114	589	780	24,2	37,3
Ветразь	ПП «Межиричцкое»	816	533	301	550	42,7	46,9
Среднее		739	953	373	688		
НСР ₀₅		22,8	16,2	26,3			
V,%		12,5	38,5	51,2			48,1
Здабыта к	ТОВ «Аграрное»	600	1094	348	681	38,5	55,8
Здабыта к	ННБК СНАУ	627	845	488	653	49,7	27,5
Здабыта к	ПП «Межиричцкое»	601	550	221	457	32,4	45,1
Среднее		609	830	352	597		
НСР ₀₅		8,9	28,1	56,2			
V,%		2,5	32,8	37,9			43,0
Акцент	ТОВ «Аграрное»	736	997	226	653	48,1	60,1
Акцент	ННБК СНАУ	791	976	339	702	64,9	46,7
Акцент	ПП «Межиричцкое»	779	400	132	437	72,8	74,4
Среднее		769	791	232	597		
НСР ₀₅		7,8	77,9	24,1			
V,%		3,8	42,8	44,6			54,7
Универс ал	ТОВ «Аграрное»	764	833	216	604	52,1	55,9
Универс ал	ННБК СНАУ	709	463	420	531	50,7	29,4
Универс ал	ПП «Межиричцкое»	700	589	137	475	68,2	62,7
Среднее		724	628	258	537		
НСР ₀₅		9,8	64,4	31,9			
V,%		4,8	29,9	56,7			45,6
Рагнеда	ТОВ «Аграрное»	955	1154	442	850	43,3	43,2
Рагнеда	ННБК СНАУ	409	1229	684	774	70,0	53,9
Рагнеда	ПП «Межиричцкое»	674	783	473	643	42,7	24,4
Среднее		679	1055	533	756		
НСР ₀₅		21,7	73,8	38,7			
V,%		40,2	22,6	24,7			40,1

В среднем за три года и в трех местах исследований максимальной продуктивностью характеризовались сорта Янка (769 г/растение) и Рагнеда – 756 г/растение. Противоположное относилось к сортам Блакит (528 г/растение) и Универсал – 537 г/растение.

Обобщающим показателем, который отражает изменчивость продуктивности в зависимости от условий года и места проведения испытания является коэффициент вариации признака. Наименьшая изменчивость по годам в условиях ННБК СНАУ наблюдалась у всех сортов за исключением сорта Рагнеда. Это свидетельствует о минимальном влиянии условий в годы проведения исследования именно в условиях ННБК СНАУ. При этом, наименьшее значение коэффициента вариации показателя выявлено у сортов Дубрава (19,4%) и Янка – 21,0%.

Значительно меньшее влияние на продуктивность имело место проведения испытания. В 2008 году это относилось к сортам Бриз, Маг, Ветразь, Здабытак, Акцент и Универсал. Кроме этого следует отметить очень небольшое значение коэффициента вариации у сортов Бриз (6,9%), Здабытак (2,5%), Акцент (3,8%) и Универсал (4,8%). Противоположное относилось к сортам Дубрава и Блакит, у которых коэффициент вариации продуктивности был больше 30%.

В следующем году минимальная изменчивость показателя имела место у сортов Бриз, Янка и Блакит – 13,8–18,7%. Дополнительной положительной характеристикой сорта Янка явилась высокая продуктивность, которая составила 909 г/растение.

Неблагоприятные погодные условия периода вегетации картофеля в 2010 году обусловили наиболее низкое проявление продуктивности в каждом из мест испытания сортов. Особенно последнее относится к ПП «Межиричцкое». Считаем, последнее обусловило высокое значение коэффициента вариации у большинства сортов. Минимальной величиной показателя характеризовался сорт Блакит – 11,6%, а, например, у сортов Бриз, Маг, Ветразь, Универсал его значение превышало 50%.

В среднем по годам и местам проведения исследования по изменчивости продуктивности сорта отличались незначительно. Минимальное значение коэффициента вариации выявлено у сорта Янка и составляло 36,8%. Очень близкое значение показателя имел сорт Дубрава – 37,3%, а, например, у сорта Акцент это составляло 54,7%. То есть разница исчислялась 17,9%. Изложенное позволяет заключить о сравнительно широкой норме реакции генотипов сорта Акцент на влияние внешних условий.

По данным дисперсионного анализа определяли влияние факторов на проявление продуктивности. Полученные данные (таблица 2) свидетельствуют о различии сортов относительно влияния места проведения исследования, условий года, взаимодействия этих факторов.

Установлено, что у сортов Бриз, Маг влияние специфичности условий года выполнения эксперимента оказалось наибольшим. Влияние фактора находилось в пределах 71,5–75,7%. Противоположное относилось

к сорту Дубрава, у которого эта составляющая общей дисперсии была минимальной и составила 31,8%.

За исключением сорта Дубрава у других место проведения исследования оказывало меньшее влияние на проявление продуктивности, чем условия годов. Минимальная часть влияния фактора места выполнения эксперимента на общую изменчивость продуктивности выявлена у сортов Блакит (6,3%), Универсал (4,0%) и Рагнеда (3,3%).

Только у одного сорта Ветразь взаимодействие влияния двух упомянутых факторов имело относительно большое значение (30,3%). Противоположное относилось к сортам Дубрава (5,0%) и Маг (3,7%).

Фактор случайного влияния на проявление продуктивности у большинства сортов был наименьшим, а в таких из них, как: Бриз, Блакит, Маг и Ветразь составил всего 1,7–6,9%.

Таблица 2 – Влияние факторов (%) в общей дисперсии продуктивности сортов

Сорт	Год	Место выращивания	Год-место выращивывания	Случайное
Бриз	75,7	9,8	8,7	5,9
Дубрава	31,8	48,5	5,0	14,7
Янка	57,7	15,2	10,9	16,1
Блакит	68,7	6,3	18,1	6,9
Маг	71,5	19,2	3,7	5,6
Ветразь	58,0	10,0	30,3	1,7
Здабытак	58,2	15,1	16,2	10,4
Акцент	62,8	12,5	14,0	10,8
Универсал	64,5	4,0	16,2	15,2
Рагнеда	65,9	3,3	18,8	12,0

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Установлен высокий потенциал сортов белорусской селекции по продуктивности. Особенно в этом отношении выделились сорта Янка, Ветразь, Здабытак, Рагнеда. Доказано значительное влияние на проявление признака внешних, главным образом метеорологических, условий. Минимальное значение коэффициента вариации в зависимости от условий года выявлено у сорта Дубрава при изучении в ННБК СНАУ, а максимальное – в сорта Акцент в условиях ПП «Межиричцкое». У некоторых сортов в отдельные годы коэффициенты вариации имели очень небольшое значение (сорта Бриз, Здабытак, Акцент, Универсал в 2008 году – 2,5–6,9%). Только у одного сорта Дубрава преобладала часть влияния места проведения исследования. У других это относилось к условиям года.

Литература

1. Молоцький, М.Я. Селекція та насінництво польових культур / Молоцький М.Я., Васильківський С.П., Князюк В.І.: підруч. [для студ. вищ. навч. закл.].— К.: Вища школа, 1994.- 454 с.
2. Осипчук, А.А. Генетичний потенціал картоплі / А.А.Осипчук // Картопля.— К., 2002.— Т.1.— С.203–204.
3. Шпаар, Д. Выращивание картофеля / Д.Шпаар, Д. Шуманн.— М., 1997.— 248 с.
4. Альсмик, П.И. Селекция картофеля в Белоруссии / Петр Иванович Альсмик.— Минск: Ураджай, 1979.— 128 с.
5. Хотылева, Л.В. Взаимодействие генотипа и среды / Л.В. Хотылева, Л.А. Тарутина // Минск, Наука и техника, 1982.— 109 с.
6. Литун, П.П. Взаимодействие генотип-среда и изменчивость растений / П.П. Литун // Взаимодействие генотип-среда у растений и его роль в селекции.— Сб. научн. Тр. КНИИС.— Краснодар, 1988.— С.49–60.
7. Лобашев, М.Е. Генетика / М.Е. Лобашев.— Л.: Изд. ЛГУ.— 1967.— 752 с.
8. Федин, М.А. Взаимодействие «генотип-среда» и гетерозис / М.А.Федин, Д.Я.Силис // Физиолого-генетические основы повышения продуктивности зерновых культур.— М.: Колос, 1975.— С213–221.
9. Кильчевский, А.В. Генетические основы селекции растений: в 4 т. / А.В.Кильчевский.— Минск: Белорусская наука, 2008 — Т.1: Общая генетика растений / А.В.Кильчевский, Л.В.Хотылева. — 386 с.
10. Дубинин, Н. П. Синтетическая теория эволюции / Н.П.Дубинин // Экологическая генетика и эволюция. - Кишинев: Штиинца. - 1987. - С. 7 – 49.
11. Рокицкий, П.Ф. Биологическая статистика / П.Ф.Рокицкий - Минск: Высшая школа, 1973.- 319 с.
12. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта / Б.А.Доспехов.- М.: Агропромиздат, 1985.- 351 с.

**NORMA REACTION GENOTYPIC VARIETAL BELARUSIAN
SELEKTION IN TERMS GROWING**

PODGAETSKIY A.A., KOVALENKO V.N.

SUMMARY

Mounted high potential varieties Belarusian selection in productivity. Especially in so doing conspicuous varieties Janka, Vetrax, Zdabihak, Rahned. Proved Significant Effect on External symptom manifestations, Chief meteorological manner, conditions. Minimum importance Factor Variations, depending on the year conditions been detected in a variety of Dubrava in Study in NNVK SNAU and maximum – in varieties emphasis in terms PP "Mezhyrychskoe." In some varieties in individual Years coefficient Variations have very small importance (sort Breeze, Zdabihak, Akcent, Universal in 2008 year – 2,5–6,9%). Only one varieties Dubrava predominate party Effect Venue study. In other this carried with year terms.

Key words: potatoes, varieties Belarusian selection, productivity, factor variations, part of effect, years of study, site experiment.

Поступила в редакцию 30.04.2013 г.

РАЗДЕЛ 2. ИСХОДНЫЙ МАТЕРИАЛ

УДК: 635.21: 575.222.2.72 : 577.21

ОЦЕНКА ДИПЛОИДНОЙ РАСЩЕПЛЯЮЩЕЙСЯ ГИБРИДНОЙ ПОПУЛЯЦИИ С ЦЕЛЬЮ ИЗУЧЕНИЯ ГЕНЕТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ И МАРКИРОВАНИЯ НОВОГО ГЕНА УСТОЙЧИВОСТИ К ФИТОФТОРОЗУ, ИНТРОГРЕССИРОВАННОГО ОТ *SOLANUM BULBOCASTANUM*

**Воронкова Е.В.¹, Полюхович Ю.В.¹, Маханько О.В.², Савчук А.В.¹,
Гукасян О.Н.¹, Лукша В.И.¹, Ермишин А.П.¹**

¹ГНУ Институт генетики и цитологии НАН Беларуси, Минск

²РУП Научно-практический центр НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству, а/г Самохваловичи Минской обл.

E-mail: E.Voronkova@igc.bas-net.by

РЕЗЮМЕ

*С целью маркирования нового гена устойчивости к фитофторозу, интрогрессированного в диплоидный селекционный материал от 2х 1 EBN вида картофеля *Solanum bulbocastanum*, была создана расщепляющаяся гибридная популяция, которую в течение трех лет испытывали по признаку «полевая устойчивость к фитофторозу». Результаты анализа указывают на моногенный доминантный контроль признака. У устойчивых гибридов не выявлены ДНК-маркеры известных Rpi-генов *S. bulbocastanum*. Отсутствовала корреляция между устойчивостью к фитофторозу и наличием у гибридов отдельных маркеров Rpi-генов.*

Ключевые слова: картофель *Solanum bulbocastanum* Dunal, интрогрессивная селекция на диплоидном уровне, Rpi-гены, ПЦР-анализ со специфическими праймерами, расщепление в гибридной популяции по признаку высокая полевая устойчивость к фитофторозу

ВВЕДЕНИЕ

Фитофтороз картофеля является одним из основных и наиболее вредоносных заболеваний культуры картофеля во всем мире. В определенных погодных условиях (высокая влажность воздуха и относительно прохладная погода, характерная в частности, для Беларуси в период вегетации и формирования урожая) фитофтороз становится основной причиной огромных потерь урожая, не сравнимых с потерями от других болезней и вредителей. По данным [1] фитофтороз может уничтожить до 80% потенциального урожая. Появление в конце 20-го века в Европе второго типа половой совместимости возбудителя фитофтороза

привело к изменениям в его биологии, повлекшее за собой повышение экологической пластичности, адаптивности и агрессивных свойств патогена. При этом контроль заболевания агрохимическими методами крайне дорог. Поэтому основные усилия в борьбе с этим заболеванием направлены на создание устойчивых сортов. Резистентность к фитофторозу – одна из основополагающих задач поставленной на научную основу селекции картофеля во всем мире [2 и др.]. При этом селекционеры используют два типа устойчивости: «вертикальную», определяемую наличием R-генов растения-хозяина, вызывающих реакцию сверхчувствительности при взаимодействии с определенными генами авирулентности паразита, и «горизонтальную», формируемую за счет комплекса генов, отвечающих за повышение общей адаптивности растения-хозяина [3].

До середины 70-х годов двадцатого века основным источником устойчивости к фитофторозу был гексаплоидный вид *Solanum demissum* [4] от которого культурному картофелю были переданы 11 основных R-генов вертикальной устойчивости. Однако все эти гены обеспечивают лишь расоспецифическую устойчивость, которая к тому же довольно быстро была патогеном преодолена. Позднее были выявлены и картированы R-гены устойчивости к фитофторозу от нескольких других видов картофеля. В этом числе и гены мексиканского диплоидного 1 EBN вида *S. bulbocastanum* Dunal [5–9]. Этот вид происходит из того же региона, что и возбудитель фитофтороза оомицет *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary и при этом обладает высокой устойчивостью к патогену. Экспериментально высокая эффективность использования генов устойчивости от *S. bulbocastanum* для защиты растений картофеля от фитофтороза была продемонстрирована в случае использования одного из клонированных *Rpi* генов этого вида (*Rpi-blb1*) в качестве цис-гена при агробактериальной трансформации неустойчивого сорта [6]. В настоящее время клонированы три гена, происходящие от *S. bulbocastanum*: *Rpi-blb1* [6,7], *Rpi-blb2* [8] и *Rpi-blb3* [9].

Несмотря на высокую перспективность использования в селекции генов устойчивости к фитофторозу от *S. bulbocastanum* и других мексиканских видов картофеля, эти виды пока еще не нашли широкого практического применения из-за сложности получения гибридов с культурным картофелем, обусловленного жесткими пре- и постзиготными репродуктивными барьерами [10,11]. Для вовлечения в селекцию 1 EBN диплоидных диких видов предложен ряд подходов, наиболее радикальным из которых является соматическая гибридизация путем слияния протопластов, взятых от дикого вида и культурного картофеля. В результате соматической гибридизации получают полиплоидные гибриды (4x, 6x) [11 и др.]. Требуется достаточно длительное время для снижения уровня пloidности селекционного материала до тетраплоидного уровня (в случае с гексаплоидными гибридами). При этом отбор по селекционно-ценным признакам, элиминация неблагоприятных генов дикого вида проводятся среди полиплоидного и анеуплоидного селекционного

материала, для которого характерно сложное расщепление. Это не только затрудняет селекционный процесс, но и усложняет генетические исследования, связанные с маркированием и картированием новых селекционно-ценных генов от диких видов. В то же время, результаты исследований [4] и ряда других авторов говорят о высокой вероятности нахождения в различных популяциях как *S. bulbocastanum*, так и других видов картофеля, близких к нему по происхождению, новых генетических локусов, сходных по строению и функциям с *Rpi-blb1* и обеспечивающих высокий уровень долговременной устойчивости к фитофторозу и другим патогенам.

Ранее нами был получен диплоидный селекционный материал на основе тетраплоидных соматических гибридов с участием *S. bulbocastanum* [12,13]. В настоящей работе представлены результаты изучения полученной на основе этого материала диплоидной расщепляющейся гибридной популяции с целью генетического анализа признака высокой долговременной полевой устойчивости к фитофторозу, предположительно определяемого интрогрессированными генами от *S. bulbocastanum*, и последующего маркирования и картирования этих генов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Изучение полиморфизма по признаку полевая устойчивость к фитофторозу осуществляли на основе гибридной популяции IGC 07/86.n, полученной при опылении высоко устойчивого к фитофторозу первичного дигаметоида 61–9–15 от тетраплоидного соматического гибрида *S. bulbocastanum* + *S. tuberosum* [12,13] низкоустойчивым (3 балла) вторичным дигаметом *S. tuberosum* IGC-01/60.5. Популяция включала более 170 гибридных клонов. Оценку полевой устойчивости к фитофторозу гибридных образцов картофеля осуществляли визуально на естественном инфекционном фоне по степени поражения кустов картофеля, выращивавшихся в полевых условиях на экспериментальном участке Биологической опытной станции Института генетики и цитологии НАН Беларуси в течение трех лет (2010–2012 гг.). Сбор данных проводили шесть раз за сезон вегетации в разные годы в период с 1–6 июля (дата первого появления признаков поражения фитофторозом на восприимчивых к фитофторозу сортах картофеля, таких как Аксамит, Каприз, Fresko, Katahdin) по 15–20 августа с периодичностью в 7–10 дней. Определение уровня устойчивости растений проводили на основании данных учета площади поражения листовой и стеблевой поверхности растений (от 0 до 100%). При расчете поражения растений за период наблюдения использовали индекс AUDPC (Areal Under Disease Progress Curve), позволяющий оценить не только абсолютные значения уровня развития заболевания, но и учесть динамику его развития. Индекс рассчитывали согласно [14]. Высокоустойчивыми (устойчивость 8,1–9,0 баллов) считали растения с AUDPC 0,00–0,20 (группа 5); устойчивыми (6,1–8,0 баллов) – с AUDPC 0,21–0,40 (группа 4); среднеустойчивыми (4,9–

6,0 баллов) – с AUDPC 0,41–0,60 (группа 3); слабоустойчивыми (слабовосприимчивыми, 3,0–4,9 баллов) – с AUDPC 0,61–0,80 (группа 2); неустойчивыми (сильно восприимчивыми, 1,0–2,9 баллов) – с AUDPC 0,81–1,0 (группа 1) [15].

Для идентификации в выделившихся высоко устойчивых и неустойчивых гибридах известных локусов, связанных с наличием клонированных *Rpi-blb* генов, использовали ПЦР-анализ с набором специфических праймеров. Для детекции гена *Rpi-blb1* устойчивости к фитофторозу *S. bulbocastanum* использовали SCAR-маркеры RGA2₆₃₈ [16], RB₂₁₃ [17], Blb1₈₂₀, 1521/518₇₀₄ и 517/1519₇₅₀ [18], для детекции *Rpi-blb2* использовали маркер Blb2F/R₇₇₃ [18] и для детекции *Rpi-blb3* – ПЦР-маркер Blb3F/Ra₇₅₇ [18]. Праймеры были синтезированы в ОДО «Праймтех» (г. Минск). При идентификации с RGA2₆₃₈ состав реакционной смеси в конечном объеме содержал 100 нг препарата тотальной ДНК; 0,4 мМ (400 нМ) каждого из пары праймеров; 2,5 мМ MgCl₂; 0,25 мМ каждого из dNTP; 1 ед. BioTaqpolymerase (“DIALAT Ltd” (г. Москва)) с буфером 10× для ПЦР без MgCl₂ – 0,1 мкл/1 мкл ПЦР смеси (10% от объема смеси) с доведением объема смеси до конечного деионизированной водой. Программа для ПЦР: начальная денатурация в течение 7 мин. при 95°C; далее 38 циклов по 20 сек. при 95°C, 20 сек. при 68°C и 2 мин. при 72°C; финальная элонгация в течение 7 мин при температуре 72°C. При идентификации остальных локусов использовали одинаковые параметры ПЦР. Состав реакционной смеси для всех праймеров был одинаковым: препарат тотальной ДНК в конечном объеме 150 – 200 нг; 2,5 мМ MgCl₂, 0,2 мМ каждого из dNTP; концентрация праймеров (прямого и обратного) 0,3 мМ (300 нМ); BioTaqpolymerase (“DIALAT Ltd” (г. Москва)) в количестве 1–1,2 ед. с буфером 10× для ПЦР без MgCl₂ – 0,1 мкл/1 мкл ПЦР смеси (10% от объема смеси) и с доведением объема смеси до конечного деионизированной водой. Программа для ПЦР: начальная денатурация в течение 5 мин. при 94°C; далее 30 циклов по 25 сек. при 94°C, 30 сек. при T° отжига праймера и 40 сек. при 72°C; финальная элонгация в течение 5 мин при температуре 72°C. T° отжига праймеров RB₂₁₃ и Blb3F/Ra₇₅₇ – 50 °C; Blb1₈₂₀ – 58 °C, 1521/518₇₀₄, 517/1519₇₅₀ и Blb2F/R₇₇₃ – 58 °C.

Длину амплифицированных фрагментов ДНК определяли при помощи стандартного маркера длин фрагментов ДНК 100 bp + 1.5 Kb + 3 Kb (M27) (“DIALAT Ltd”). Для горизонтального электрофореза в 2% агарозном геле с добавлением бромистого этидия брали 7–8 мкл реакционной смеси и 2 мкл 10×бромфенолового-синего. Электрофорез продуктов амплификации проводили в 1× TAE-буфере в течение 1,5–2 часов при напряжении в 80 Вольт и силе тока 6mA.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

По мнению ряда авторов [4,6,7,9] среди клонированных на сегодняшний день *Rpi*-генов от *S. bulbocastanum* наибольшей

селекционной ценностью обладает *Rpi-blb1*, обеспечивающий долговременную высокую устойчивость к фитофторозу без выраженной расаспецифичности. В ходе исследований, направленных на разработку методов преодоления несовместимости диплоидных 1 EBN видов картофеля с культурным картофелем и создания исходного селекционного материала с интрогрессированными генами от *S. bulbocastanum* нами был проведен скрининг нескольких генотипов *S. bulbocastanum* и полученного в лаборатории генетики картофеля селекционного материала на наличие этого гена с помощью ПЦР-маркера RGA2₆₃₅. Скрининг показал, что маркер гена *Rpi-blb1* присутствует не во всех генотипах дикого вида, однако он был обнаружен в одном из соматических гибридов на основе *S. bulbocastanum* (555) [19], послужившим основой для получения тетраплоидного и диплоидного селекционного материала, совместимого с *S. tuberosum*. Было показано также его присутствие в нескольких тетраплоидных андрогенетических растениях-регенератах, полученных в культуре пыльников на основе этого соматического гибрида, и опылявшихся гаплопродюсером с завязыванием ягод и семян.

Однако в первичных дигаплоидах, полученных на основе этих андрогенетических регенератов, маркер выявлен не был (рисунок 1). Тем не менее, при полевых испытаниях, проходивших в течение двух лет на экспериментальном участке Института генетики и цитологии, первичный дигаплоид 6-15-9 проявил устойчивость к фитофторозу, сравнимую с исходным соматическим гибридом и практически не поражаемая болезнью. Данное обстоятельство позволило нам предположить наличие в исходном материале, полученном при участии *S. bulbocastanum*, еще не известных локусов, связанных с высокой устойчивостью к фитофторозу. В пользу этого предположения свидетельствуют результаты исследований [4], выявившей 19 гаплотипов гена *Rpi-blb1*, обнаруженных в различных популяциях *S. bulbocastanum* на территории Мексики и Гватемалы, несмотря на достаточно медленное эволюционирование, характерное для этого гена, возникшего, по мнению [7], в результате внутригенной рекомбинации между родительскими локусами RGA1-*blb* и RGA3-*blb*.

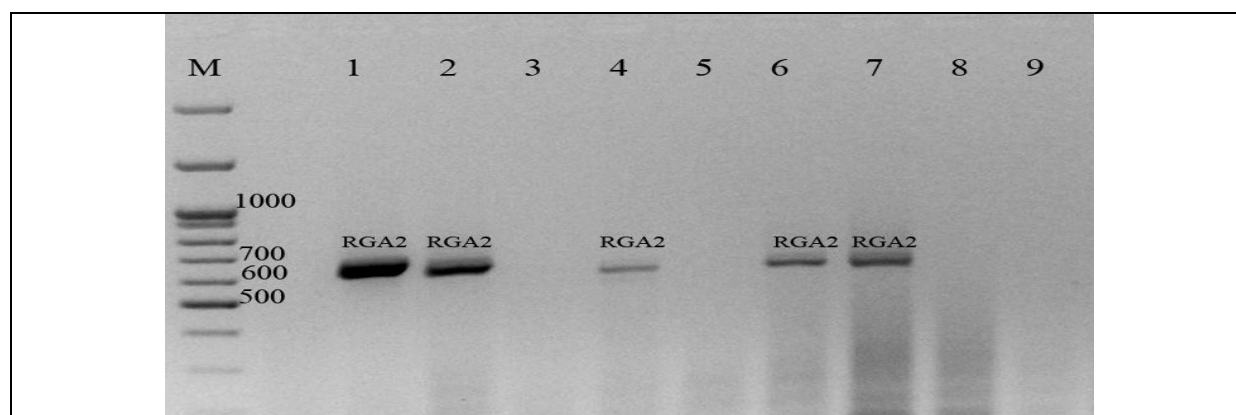


Рисунок 1 – Наличие ПЦР-маркера RGA2₆₃₈ гена *Rpi-blb1* в селекционном материале картофеля, созданном при участии диплоидного 1 EBN вида картофеля *S. bulbocastanum*

М – маркер молекулярного веса 100-1000-1500-3000 п.н.
1 – 3 различные генотипы <i>S. bulbocastanum</i> . Маркер присутствует у двух из трех оцениваемых генотипов дикого вида.
4 – 5 тетраплоидные соматические гибриды <i>S. bulbocastanum</i> + <i>S. tuberosum</i> . Маркер присутствует у соматического гибрида 555(4) и отсутствует у гибрида 557 (5).
6 – 8 андрогенетические регенераты соматического гибрида 555, у двух из которых присутствует ПЦР-маркер.
9 – первичный дигаплоид 6-15-9, полученный при опылении суперопылителем Ivr35 андрогенетического регенерата соматического гибрида 555 (маркер RGA2 ₆₃₈ отсутствует).

Для того, чтобы в последующем маркировать и картировать предположительно новый локус, связанный с высокой устойчивостью к фитофторозу и интрогрессированный от *S. bulbocastanum*, нами была создана расщепляющаяся популяция диплоидных гибридов. Популяция получена путем опыления низкоустойчивым дигаплоидом *S. tuberosum* (устойчивость к фитофторозу при испытаниях в поле в течение пяти лет не более 3 баллов), выделившегося по высокой устойчивости дигаплоида 6-15-9.

В таблице 1 представлены данные распределения гибридов популяции по уровню устойчивости в разные годы испытания и средние за три года испытаний.

Таблица 1 - Характер расщепления по уровню устойчивости к фитофторозу (балл AUDPC) среди генотипов из популяции межвидовых гибридов IGC 07/86.п, созданной при участии *S. bulbocastanum* (Минск, 2010-2012 гг.)

Год испытания популяции IGC 07/86.п	Оцен- ен- ных клоно в, шт.	Клонов с баллом AUDPC									
		5 баллов		4 балла		3 балла		2 балла		1 балл	
		Шт.	%	Шт.	%	Шт.	%	Шт.	%	Шт.	%
2010	181	29	16,2	52	28,73	50	27,62	29	16,02	21	11,60
2011	171	19	11,11	48	28,07	45	26,32	9	5,26	50	29,24
2012	170	18	10,17	48	27,12	43	24,29	10	5,65	51	28,81
средние за три года (2010– 2012 гг.)		22	12,64	49,33	28,35	46	26,43	16	9,2	40,67	23,37

Как видно из таблицы 1, в популяции представлены гибриды, относящиеся ко всем пяти группам устойчивости. При этом в первый год испытаний доля высоко устойчивых и устойчивых была несколько выше, чем в два последующие. При этом в процентном отношении количество устойчивых генотипов (5 и 4 баллов AUDPC) изменилось не существенно. В то же время доля неустойчивых генотипов (AUDPC 1 и 2) несколько выросла. Особенно заметно увеличение доли растений с AUDPC 1, однако этот рост произошел в основном за счет перемещения в группу неустойчивых генотипов из группы низкоустойчивых (AUDPC 2). Количество генотипов со средней полевой устойчивостью к фитофторозу оставалось на протяжении трех лет достаточно стабильным. Данные по распределению гибридов по группам устойчивости во второй и третий год испытаний практически не различаются. По-видимому, снижение доли устойчивых и высоко устойчивых образцов в популяции во второй год испытаний связано не столько с усилением воздействия возбудителя или изменением его расового состава, сколько с определенной количественной потерей генотипов в популяции гибридов, связанной с отсутствием клубнеобразования у части клонов, не пораженных фитофторозом. Отсутствие клубнеобразования в большинстве случаев являлось следствием замедленного развития растений, которое одновременно могло служить средством «убегания» поздних клонов от интенсивного воздействия патогена. Таким образом, относительно высокая доля высоко устойчивых генотипов в первый год испытаний могла быть следствием не только участия в формировании устойчивости *Rpi*-генов от *S. bulbocastanum*, но и другими причинами, связанными, в том числе, и с негативным влиянием интрогрессированного генетического материала дикого вида (отсутствие завязывания клубней, очень длинный период покоя у клубней, позднеспелость). Практически полное совпадение результатов испытания в 2011 и 2012 гг. говорят в пользу того, что устойчивость оставшихся в группе высокоустойчивых и устойчивых гибридов определяется наличием именно *Rpi*-генов дикого вида, обеспечивающих устойчивость широкого действия, характерную для *S. bulbocastanum*, и эффективность которых практически не зависит от расового состава патогена.

Для такого признака, как устойчивость к фитофторозу, достаточно сложно выбрать критерии оценки расщепления, так как этот признак имеет двоякую природу: устойчивость может формироваться как за счет основных *R*-генов вертикальной устойчивости, так и за счет комплекса малых генов (QTL), определяющих горизонтальную, или иначе, адаптивную, устойчивость. Оба типа устойчивости могут также одновременно дополнять друг друга [3]. Так, вполне возможно, что устойчивость 5 баллов формируется именно за счет синергичного действия генов обоих типов устойчивости. В этом случае критерием отбора для форм, имеющих доминантные аллели новых *Rpi*-генов, будет наличие устойчивости 4 и 5 баллов AUDPC. Если предположить, что в

формировании высокой устойчивости принимают участие только *Rpi*-гены, а остальные типы промежуточного типа устойчивости на уровне от 4 до 2 баллов AUDPC определяются комплексом малых генов, то наличие доминантных аллелей *Rpi* будет характерно только для 5-балльной устойчивости. Исходя из данных, представленных в таблице 1, расщепление на высоко устойчивые (AUDPC 5) и все прочие (AUDPC 4–1) генотипы в 2011 и 2012 гг. соответствует 1:8. Теоретически ожидаемое расщепление по формированию в изучаемой нами популяции устойчивости за счет присутствия доминантного аллеля одного *Rpi*-гена должно соответствовать 1 *Rpirpi*: 1 *rpipri*, так как родословная участвовавших в скрещивании гибридов позволяет рассматривать использованное нами для BSA скрещивание как анализирующее. Поэтому при отборе устойчивых генотипов, для маркирования гена, по-видимому, возможно ориентироваться как на образцы с устойчивостью 5 баллов AUDPC, так и на образцы с устойчивостью 4 балла. При этом расщепление, без учета относительно устойчивых генотипов (AUDPC 3), устойчивость которых, очевидно носит адаптивный характер, вполне отвечает теоретически ожидаемому (таблица 2). В любом случае, очевидно, что в случае маркирования новых локусов устойчивости от *S. bulbocastanum* на основе полученной нами популяции возможно выявление наряду с главным геном вертикальной устойчивости и нескольких QTL, ответственных за устойчивость горизонтальную.

Таблица 2 – Характер расщепления по признаку «высокая устойчивость к фитофторозу» в популяции IGC 07/86.n, полученной от высоко устойчивого первичного дигаплоида соматического гибрида *S. bulbocastanum* + *S. tuberosum* при его опылении низкоустойчивым вторичным дигаплоидом *S. tuberosum*

Фактическое расщепление R : S *	Теоретическое расщепление R : S	Отклонение от теоретического расщепления	χ^2	Уровень значимости P
81 : 50 (2010 г.)	65,5 : 65,5	15,5	7,34	0,005
67 : 59 (2011 г.)	63 : 63	4,0	0,51	0,250
66 : 61 (2012 г.)	63,5 : 63,5	2,5	0,19	0,750
71,33 : 56,67 (за три года наблюдений)	64 : 64	2,5	1,68	0,1

*R – устойчивые (resistant), AUDPC 5 и 4; S - неустойчивые (susceptible), AUDPC 1 и 2.

Сохранение в течение нескольких лет испытаний полевой устойчивости к фитофторозу на уровне 8–9 баллов у части генотипов и характер расщепления в популяции гибридов говорит в пользу того, что устойчивые генотипы являются носителями высокоэффективного гена, характеризующегося отсутствием расспецифичности. На основании данных трехлетних испытаний нами выделены 12 генотипов, сохранявших устойчивость на уровне 7,5–9 баллов в течение трех лет. Столько же генотипов выделено среди стабильно неустойчивых образцов (устойчивость 1–3 балла по общепринятой шкале устойчивости). Это предоставляет возможность с достаточно высокой достоверностью провести анализ полиморфизма по признаку устойчивости с помощью молекулярных методов исследований. Характер расщепления в популяции с учетом только устойчивых (4–5 баллов AUDPC) и неустойчивых (1–2 балла AUDPC) и игнорированием генотипов со средней устойчивостью (3 балла AUDPC), дает основание на выявление одного гена, определяющего высокую устойчивость (7,5 и более баллов) к фитофторозу (таблица 2). Средний уровень устойчивости, по всей видимости, связан с наличием генов адаптивности, формирующих горизонтальную полигенную устойчивость. Такие факторы устойчивости достаточно сложно идентифицировать молекулярно-генетическими методами, так как экспрессия QTL зависит от многих факторов, включающих как наследуемые факторы самого генотипа, в том числе эпигенетические, так и изменяющиеся факторы окружающей среды. Хотя ранее с QTL-анализом признаков устойчивости связывались определенные надежды, эффективность его оказалась невысокой, так как маркирование QTL, коррелировавших с устойчивостью к фитофторозу, в одних экспериментальных популяциях, как правило, не дало ощутимых результатов при изучении других. Поэтому QTL ПЦР-анализ является пока что малоэффективным для использования в маркер-ассоциированной селекции на наличие генов устойчивости.

Поскольку нами не был выявлен в исходном для получения расщепляющейся популяции дигаплоиде 6–9–15 ПЦР-маркер локуса RGA2 гена *Rpi-blb1*, наличие устойчивости в нашем селекционном материале могло определяться одним из двух других клонированных *Rpi*-генов от *S.bulbocastanum* – *Rpi-blb2* или *Rpi-blb3*. С целью анализа на наличие шести известных локусов, связанных с устойчивостью к фитофторозу нами был проведен ПЦР-анализ с набором видоспецифических праймеров к разным районам трех клонированных генов устойчивости *S. bulbocastanum*. Анализ осуществили у 12 отобранных на основании трех лет испытаний генотипов со стабильно высокой (на уровне 7,5–9 баллов по девятибалльной шкале) и 12 генотипов со стабильно низкой (1–2 балла) устойчивостью к патогену. Для выявления локусов гена *Rpi-blb1*, отличных от RGA2, были использованы три маркера – Blb1, характеризующий лейцин-обогащенный регион (LRR) гена *Rpi-blb1*;

517/1519 – маркер региона интрона или домена нуклеотид-связывающего сайта и 1521/518–маркер локуса, соответствующего LRR гена *Rpi-blb1*. Для выявления гена *Rpi-blb3* использовали маркеры Blb3 и Blb3a к нуклеотид-связывающему сайту (NBS) гена. Для выявления гена *Rpi-blb2* был выбран маркер Blb2 к LRR домену этого гена [18].

Анализ показал отсутствие в гибридах, полученных с участием генетического материала *S. bulbocastanum*, двух из трех ПЦР-маркеров, характеризующих ген вертикальной устойчивости от *S. bulbocastanum* *Rpi-blb1* (Blb1 и 517/1519) и ПЦР-маркера гена *Rpi-blb2* у всех анализировавшихся генотипов, как неустойчивых, так и отличающихся высокой стабильной устойчивостью к фитофторозу. В то же время по маркерам, характеризующим ген *Rpi-blb3*, и ПЦР-маркеру 1521/518 гена *Rpi-blb1* выявлен полиморфизм, не связанный, однако, с наличием устойчивости. В частности, частота встречаемости маркера Blb3 оказалась выше среди неустойчивых генотипов (75%) по сравнению с устойчивыми (41,7%). По данным литературы ген *Rpi-blb3*, в отличие от *Rpi-blb1*, связан с расоспецифической устойчивостью к патогену и не может в отсутствие других генов обеспечивать долговременную нерасоспецифическую устойчивость [4,9]. Это объясняет наличие видоспецифического для *S. bulbocastanum* локуса у неустойчивых генотипов из популяции IGC 07/86.n наравне с устойчивыми.

Частота встречаемости ПЦР-маркера 1521/518 гена *Rpi-blb1* оказалась примерно одинаковой у устойчивых и неустойчивых генотипов (соответственно 41,7 и 33,3% от числа генотипов с соответствующим уровнем устойчивости). Ген *Rpi-blb1*, по мнению ряда авторов, вносит наибольший вклад в формирование признака устойчивости к фитофторозу *S. bulbocastanum*. При этом наличие устойчивости связывают с присутствием в генотипах картофеля локуса, получившего название RGA2. Анализ гибридов на наличие локуса RGA2 в данном эксперименте не проводили, так как ранее нами было показано отсутствие этого локуса у первичного дигаметоидного соматического гибрида *S. bulbocastanum* + *S. tuberosum*, послужившего в качестве источника генов *S. bulbocastanum* в изучаемой гибридной популяции. По-видимому, лейцин-обогащенный регион гена *Rpi-blb1*, характеризующийся ПЦР-маркером 1521/518, не связан напрямую с формированием устойчивости наравне с RGA2. Однако, его присутствие еще раз подтверждает наличие у межвидовых гибридов генетического материала дикого вида.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С целью маркирования нового гена устойчивости к фитофторозу, интрогрессированного в диплоидный селекционный материал от 2х 1 EBN вида картофеля *S. bulbocastanum*, была создана расщепляющаяся гибридная популяция, в течение трех лет оценивавшаяся по признаку полевая устойчивость к фитофторозу. Данная оценка позволила выявить

достоверное теоретически ожидаемое расщепление 1:1 в популяции на генотипы со стабильно высокой устойчивостью к патогену и отсутствием устойчивости, свидетельствующее о моногенном доминантном наследовании признака. У устойчивых гибридов не выявлены ДНК-маркеры известных *Rpi*-генов *S. bulbocastanum*, отсутствовала корреляция между устойчивостью к фитофторозу и наличием отдельных маркеров *Rpi*-генов.

Моногенный доминантный характер наследования нового гена устойчивости к фитофторозу позволяет рассчитывать на его успешное ПЦР-маркирование и картирование.

Литература

1. Иванюк, В.Г. Защита картофеля от болезней, вредителей и сорняков / В.Г. Иванюк, С.А. Банадысев, Г.К. Журомский. – Мн.: Белпринт, 2005. – 696с.
2. Swiezynski, K.M. Breeding potato cultivars with tubers resistant to *Phytophthora infestans* / Swiezynski, K.M., Zimnoch-Guzowska E // Potato Research. – 2001. – Vol.44. – P.97-117.
3. Hammond-Kosack, K.E. Deciphering plant-pathogen communication: fresh perspectives for molecular resistance breeding/ Hammond-Kosack K.E., Parker J.E. // Curr.Opin.Biotechnol. – 2003. – Vol.14.- P177-193.
4. Wang, M. Diversity and evolution of resistance genes in tuber-bearing *Solanum* species. PhD-thesis – Wageningen Universiteit: Wageningen, Netherlands, 2007. – 108 pp.
5. Naess, S.K. Resistance to late blight in *Solanum bulbocastanum* is mapped to chromosome 8/ S.K. Naess S.K. [et al.] // Theor. Appl. Genet. – 2000. – Vol.101. – P.697 – 704.
6. Song, J. Gene *RB* cloned from *Solanum bulbocastanum* confers broad spectrum resistance to potato late blight / J. Song [et al.] // Proc. Natl. Acad. Sci.USA. – 2003. – Vol.100. – P.9128 – 9133.
7. Van der Vossen, E. An ancient *R* gene from the wild potato species *Solanum bulbocastanum* confers broad-spectrum resistance to *Phytophthora infestans* in cultivated potato and tomato / E. Van der Vossen [et al.] // Plant J. – 2003. – Vol.36. – P. 867 –882.
8. Van der Vossen, E. The *Rpi-blb2* gene from *Solanum bulbocastanum* is an *Mi-1* gene homolog conferring broad-spectrum late blight resistance in potato / E. Van der Vossen [et al.] // Plant J. – 2005. – Vol. 44. – P.208 - 222.
9. Park, T-H. The late blight resistance locus *Rpi-blb3* from *Solanum bulbocastanum* belongs to a major late blight *R* gene cluster on chromosome 4 of potato / T-H. Park [et al.] // MPMI – 2005. – Vol. 18, No. 7. – P. 722–729.
10. Маханько, О.В. Межвидовая несовместимость в диплоидной селекции картофеля // Земляробства і ахова раслін. – 2008, №1. – С.11-14.

11. Ермишин, А.П. Картофель / А.П. Ермишин, Е.В. Воронкова, В.А. Козлов В.А // Генетические основы селекции растений Т.2. Частная генетика растений / под науч. ред. А.В. Кильчевского, Л.В. Хотылевой. – Минск: Беларус. навука, 2010. – С. 156 – 234.
12. Ермишин, А.П. Использование в селекции соматических гибридов между дигаплоидами картофеля *Solanum tuberosum* и дикими диплоидными видами из Мексики: получение и беккроссирование дигаплоидов соматических гибридов / Ермишин А.П., Маханько О.В., Воронкова Е.В. // Генетика. – 2006. – Т.42, № 12. – С. 1674–1682.
13. Ермишин, А.П. Получение диплоидного селекционного материала картофеля на основе соматических гибридов между дигаплоидами *Solanum tuberosum* L. и диким диплоидным видом из Мексики *Solanum bulbocastanum* Dunal. /Ермишин, А.П., Маханько О.В., Воронкова Е.В. // Генетика. – 2008. – Т. 44, № 5. – С. 645-653.
14. Shaw, M.W. Pathogen population dynamics // In: B.M. Cooke, D. Gareth Jones and B. Kaye eds. The epidemiology of plant diseases. 1998. Springer. P.193 – 214.
15. Jenkins, J.C. Classifying the relative host reaction in potato cultivars and breeding lines to the US-8 strain of *Phytophthora infestans* in Minnesota / Jenkins J.C., Jones R.K. // Plant Disease. – 2003. – Vol. 87, N8. – P.983 – 990.
16. Beketova, M.P. DNA markers for potato introgression breeding / M.P. Beketova [et al.] // In: A.J. Haverkort and B.V. Anisimov eds. Potato production and innovative technologies. Wageningen Academic Publishers, 2007. – P.397–404.
17. Colton, L.M., Marker-Assisted Selection for the broad-spectrum potato late blight resistance conferred by gene RB derived from a wild potato species/ L.M. Colton [et al.] // PNAS on line publishing of 1 February 2006. – P.589–594.
18. Lokossou, A.A. Diversity, distribution and evolution of *Solanum bulbocastanum* late blight resistance genes/ A.A. Lokossou A.A. [et al.]/ Mol. Plant. Microbe Interact. – 2010. – Vol. 23, N 9. – P.1206-1216.
19. Schilde-Rentschler, L. Somatic hybridization of diploid potato lines, a tool in potato breeding /Schilder-Rentschler L., Boos G., Ninnemann H.// In: Progress in plant protoplast research. Kluwer Ac. Publ.: Dordrecht. – 1988. – P.195–196.

ESTIMATION OF DIPLOID HYBRIDS SEGREGATING POPULATION FOR THE PURPOSE OF GENETIC CONTROL DETERMINATION AND MARKING OF LATE BLIGHT RESISTANCE NEW GENE FROM *SOLANUM BULBOCASTANUM*

VORONKOVA E.V., POLIUKHOVICH Y.V., MAKHAN'KO O.V., SAVCHUK A.V., GUKASIAN O.N., LUKSHA V.I., YERMISHIN A.P.

SUMMARY

Segregating hybrid population has been produced for the purpose of marking novel gene of late blight resistance transferred into diploid breeding material from 2x 1 EBN potato species Solanum bulbocastanum. This population has tested for the character "field resistance to late blight" in three years. Results of trials indicated on monogenic dominant control of the character. DNA-markers of known Rpi-genes of S. bulbocastanum have not been revealed in resistant hybrids. Correlation was not available between late blight resistance and presence of some markers of Rpi-genes in hybrids.

Key words: potato Solanum bulbocastanum Dunal, introgressive breeding on diploid level, Rpi-genes, PCR-analysis with specific primers, segregation in hybrids population by high resistance to late blight

Поступила в редакцию 30.04.2013 г.

УДК 635.21:631.528.2:576.354.4

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕЙОТИЧЕСКОЙ ПОЛИПЛОИДИИ В СОЗДАНИИ ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА КАРТОФЕЛЯ

Козлов В.А.

РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству», Беларусь

E-mail: wiko@mail.ru

РЕЗЮМЕ

В статье представлены данные о влиянии метода перевода на тетраплоидный уровень перспективных диплоидных гибридов (односторонняя или двусторонняя полиплоидия) а также беккроссов В1 и В2 на хозяйственные признаки гибридного потомства.

Ключевые слова: картофель, мейотическая полиплоидия, гибриды, беккроссы, хозяйственные признаки.

ВВЕДЕНИЕ

Дикие и примитивные культурные виды являются носителями большого количества хозяйственно-ценных признаков. Однако вовлечь их в гибридизацию с формами *S. tuberosum* часто бывает невозможным из-за пре- и постзиготных межвидовых репродуктивных барьеров.

Широкие возможности в преодолении нескрещиваемости диких видов картофеля открываются при использовании в гибридизации дигаплоидов. Термином "гаплоид" принято обозначать спорофит с гаметическим числом хромосом. Однако в генетике картофеля гаплоиды, полученные из тетраплоидов ($2n=4x=48$), обозначают как дигаплоиды ($2n=2x=24$), а гаплоиды от диплоидов ($2n=2x=24$) называют моноплоидами или моногаплоидами ($2n=x=12$) [1]. Впервые дигаплоид картофеля выделила Е. В. Ивановская [2] в потомстве от опыления тетраплоидного сорта Аврора пыльцой *S. phureja*.

Дигаплоиды картофеля разделяют на первичные и вторичные. Первичные дигаплоиды получают непосредственно от тетраплоидных форм при их гибридизации с индукторами гаплогинеза. Вторичные дигаплоиды являются гибридами первичных дигаплоидов между собой или образцами диких и примитивных культурных видов. Вторичные дигаплоиды представляют собой ценные источники хозяйственно ценных признаков, однако они не могут в полной мере удовлетворять требованиям, которые предъявляются к современным сортам. Лучшие интердигаплоиды должны быть снова переведены на тетраплоидный уровень. Существует три способа достижения тетраплоидного состояния: митотическое удвоение числа хромосом (колхицинирование или спонтанное удвоение числа

хромосом в соматических клетках); в результате соматической гибридизации и посредством мейотической полиплоидии (с участием нередуцированных гамет).

Наиболее перспективным способом ресинтеза тетраплоидов является мейотическая полиплоидия, которая позволяет за счет действия нередуцированных гамет вводить в зиготы почти интактную генетическую структуру родителей, при этом практически сохраняя внутри- и межлокусные взаимодействия, необходимые для гетерозиса по урожайности и другим хозяйственно-ценным признакам.

Целью работы явилось использование мейотической полиплоидии для перевода перспективных вторичных дигаплоидов на тетраплоидный уровень, бекроссирование полученного материала и выделение источников хозяйственно ценных признаков, а также исходных форм для различных направлений селекции картофеля.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Материалом для исследований послужили первичные дигаплоиды, созданные в Украинском НИИ картофельного хозяйства, вторичные дигаплоиды собственной селекции, отобранные по хозяйственно-ценным признакам и способные формировать нередуцированные $2n$ -гаметы, тетраплоидные гибриды, полученные методом односторонней или двусторонней мейотической полиплоидии.

Гибридизацию проводили в условиях защищенного грунта.

Полученные от гибридизации ягоды в конце сентября переносили в прохладное помещение для дозаривания. Семена выделяли в январе месяце.

Учет урожая и его структуру, оценку столовых качеств проводили согласно Методики исследований по культуре картофеля [3].

Содержание крахмала определяли по удельному весу, пригодность к промышленной переработке на хрустящий картофель – по цвету готового продукта. Устойчивость образцов к фитофторозу – согласно Методов оценки картофеля, овощных и плодовых культур на устойчивость к болезням [4].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В целях получения диплоидных межвидовых гибридов, формирующих нередуцируемые $2n$ -гаметы и обладающих другими хозяйственно ценными признаками, нами была проведена предварительная селекция на диплоидном уровне с участием дигаплоидов, диких и примитивных культурных видов картофеля. В скрещивания вовлечены 29 диких и 3 примитивных культурных вида. Для перевода диплоидных гибридов на тетраплоидный уровень методом мейотической полиплоидии были отобраны диплоидные межвидовые гибриды, способные формировать мужские и (или) женские $2n$ -гаметы и обладающие другими хозяйственно ценными признаками, клоны культурного вида *S. andigenum*,

а также тетраплоидные межвидовые образцы с высокой продуктивностью, устойчивостью к фитофторозу, вирусным, бактериальным болезням, с высоким содержанием сухого вещества. Выполнено 1348 комбинаций скрещиваний. В различных селекционных питомниках изучено свыше 250 тысяч гибридов.

В качестве отцовских форм в скрещиваниях по схеме 2х х 2х и 4х х 2х использовали вторичные дигамплоиды, созданные на основе видов *S. rybinii*, *S. phureja*, *S. vernei*, *S. berthaultii*, *S. chacoense*, *S. polytrichon*, *S. commersonii*, *S. microdontum*, *S. brevicaulia* и *S. stenotomum*, которые в достаточном количестве продуцировали 2n-пыльцу. Тетраплоидные формы были получены также непосредственно при скрещивании диплоидных межвидовых гибридов с образцами видов *S. rybinii*, *S. phureja*, *S. vernei*, *S. berthaultii*, *S. chacoense*, *S. gourlayi*, и гибрида *S. commersonii* х *S. rybinii* формирующими мужские 2n-гаметы. По схеме скрещиваний 2х х 4х в качестве опылителей использовали высокофертильные тетраплоидные сорта и гибриды. Результативные комбинации также отмечены при гибридизации вторичных дигамплоидов с образцами тетраплоидных видов *S. sucrense* и *S. andigenum*. Использование культурного вида *S. andigenum* почти в 1,5-2 раза повышало результативность гибридизации по сравнению с формами *S. tuberosum*.

Отбор мейотических полиплоидов проводили в питомнике сеянцев первого года испытания по внешним признакам с учетом хозяйственных показателей. В данном питомнике за время исследований для дальнейшего изучения было выделено 3642 предположительно тетраплоидных гибрида. Окончательную идентификацию тетраплоидных образцов осуществляли в питомнике сеянцев второго года испытания по количеству хлоропластов в замыкающих клетках устьиц. Для дальнейшего изучения отобраны 418 тетраплоидных гибридов, из них 227 были получены методом односторонней, а 191 – двусторонней мейотической полиплоидии.

Для многих полученных тетраплоидных образцов отмечено повышение продуктивности, улучшение формы клубня, компактности клубневого гнезда, уменьшение длины столонов и глубины залегания глазков по сравнению с исходными родительскими формами. Глубокое залегание глазков имели образцы, созданные на основе примитивных культурных видов *S. phureja* и *S. stenotomum*. Мощными кустами и корневой системой, удлиненными столонами отличалось большинство гибридов, полученных на основе видов *S. tarjense*, *S. microdontum* и *S. chacoense*, однако и среди них были выделены формы с хорошими морфологическими показателями.

Установлено, что продуктивность, содержание крахмала, пригодность к промышленной переработке, устойчивость к фитофторозу, количество клубней, их форма, габитус куста, длина столонов и компактность клубневого гнезда у мейотических гибридов не зависели от способа перевода диплоидных образцов на тетраплоидный уровень (односторонняя или двусторонняя полиплоидия), а обуславливались комбинационной способностью родительских форм, участвовавших в скрещиваниях.

РАЗДЕЛ 2. ИСХОДНЫЙ МАТЕРИАЛ

Продуктивность мейотических полиплоидов варьировала от 420 до 2617 г/куст, содержание крахмала – от 11,0 до 24,9%, устойчивость к фитофторозу – от 1,8 до 8,9 баллов. Среди гибридов с баллом хрустящего картофеля после 5 месяцев хранения без рекондиционирования от 5 до 8 отобрано 28 образцов.

В таблице 1 представлена характеристика наиболее перспективных тетраплоидных гибридов, полученных методом мейотической полиплоидии.

Таблица 1 – Характеристика перспективных тетраплоидных гибридов, полученных методом мейотической полиплоидии по хозяйственно ценным признакам (1997–2010 гг.)

Гибрид	Вид, участвующий в происхождении гибрида	Группа спелости	Устойчивость к фитофторозу, балл	Содержание крахмала, %	Продуктивность, г/куст
Гибриды, полученные методом односторонней мейотической полиплоидии					
200158-3	vm, phu, adg	п	8,2	21,8	958
20525-7	chc, brvc, ber	с.п	8,0	17,4	1634
20540-17	adg, chc, brvc, ber	с.с	7,0	17,1	1601
20544-12	adg, dms, mcd	с.с	5,6	15,3	1437
99136-1	mcd, dms	п	5,8	13,4	1400
94-6-7	ryb, vm, chc, mcd,	с.п	8,1	19,8	1250
200154-13	rub, adg	п	7,0	17,9	1127
99112-8	mcd, dms, adg	с.п	1,8	17,9	1030
99109-37	mcd, dms, adg	п	4,8	17,9	1028
200170-10	vm, phu, adg	с.п	8,2	17,2	1190
Гибриды, полученные методом двусторонней мейотической полиплоидии					
96-1-12	vm, phu	с.р	7,6	17,2	1620
96-1-10	vm, phu	с.р	6,2	16,9	1524
9925-8	chc	с.п	8,7	16,8	1370
9936-16	mcd, dms, vm	п	8,2	18,4	1248
9925-14a	chc	с.п	8,3	17,1	1228
200192-1	mcd, dms, ber	с.п	6,8	16,7	1187
9925-4	chc	с.п	8,0	17,6	1087

Продолжение таблицы 1

200198-19	ber, vm, phu	п	7,3	16,4	848
200191-9	ber, vm, phu	с.п	8,7	15,7	784
20041-2	vm, phu, cmm	с.с	6,8	16,2	769

Примечание: п – поздний, с.р – средне ранний, с.с – среднеспелый, с.п – средне поздний, chc – *S. chacoense*, ryb – *S. rybinii*, mcd – *S. microdontum*, vrn – *S. vernei*, polyt – *S. polytrichon*, brvc – *S. brevicaulia*, dms – *S. demissum*, sto – *S. stoloniferum*, ber – *S. berthaultii*, pnt – *S. pinnatisectum*, com – *S. commersonii*, adg – *S. andigenum*, phu – *S. phureja*

Из представленных в таблице образов гибриды 94-6-7 9936-16, полученные на основе видов *S. rybinii*, *S. vernei*, *S. chacoense*, *S. microdontum* и гибрид 200154-13 созданный с участием видов *S. rybinii* и *S. andigenum*, были рекомендованы селекционерам Центра в качестве исходных форм по устойчивости к фитофторозу. Остальные перспективные мейотические тетраплоиды были подвергнуты беккроссированию сортами и межвидовыми гибридами. За 2000–2007 гг. выполнено 473 комбинации скрещиваний, ягоды получены в 171 комбинации (36,2%). Беккроссы отличались от мейотических тетраплоидов уменьшением количества нежелательных признаков, характерных для дикорастущих видов картофеля. Однако были отмечены и отрицательные последствия беккроссирования, связанные с уменьшением крахмалистости потомства при скрещивании высококрахмалистых мейотически удвоенных тетраплоидных гибридов. В некоторых гибридных комбинациях также отмечено снижение продуктивности, устойчивости к фитофторозу и пригодности к промышленной переработке у потомства по сравнению с родительской формой, созданной методом мейотической полиплоидии. Это говорит о необходимости тщательного подбора компонентов для беккроссирования и выбора направления скрещиваний (использование мейотических тетраплоидов в качестве материнской и/или отцовской формы).

В таблице 2 представлена характеристика перспективных беккроссов (B1 и B2) по хозяйственно ценным признакам.

Таблица 2 – Характеристика перспективных беккроссов по хозяйственно ценным признакам

Гибрид	Дикий (культурный) вид, на основе которого получен гибрид	Группа спелости	Устойчивость к фитофторозу, балл	Содержание крахмала, %	Цвет чипсов после 5 месяцев хранения	Продуктивность, г/кут
20424-6	vm, ber, com, ryb	с.п	7,2	14,6	3-5	1650

РАЗДЕЛ 2. ИСХОДНЫЙ МАТЕРИАЛ

Продолжение таблицы 2

20525-7	chc, ber, brvc	с.п	7,4	17,3	5-7	1634
20540-17	vrn, chc, brvc	с.п	6,2	17,1	5-7	1601
205155-15	ryb, plt, adg	п	7,0	17,2	5-7	1567
20415-72	vrn, phu	п	8,0	16,2	3-5	1477
20544-12	adg, mcd, dms	п	6,4	15,3	7-8	1436
20429-5	adg, com, ryb	п	7,6	18,2	3-5	1408
20013-11	rub, ber	с.п	6,6	13,7	1-3	1396
20417-24	mcd, dms, adg	с.п	7,0	14,6	5,0	1349
20026-1	vrn, phu	с.п	7,8	15,2	3-5	1314
20025-58	vrn, ber	с.р	2,6	13,1	1-3	1284
20017-7	mcd, dms, rub	с.с	5,0	10,8	1-3	1258
99136-1	mcd, dms, adg	п	5,8	13,4	5-7	1220
200150-21	vrn, phu, adg	п	7,4	20,1	3-5	1216
200170-10	vrn, phu, adg	п	7,8	18,8	5-7	1213
20450-8	ber, vrn, ryb	с.п	7,8	14,5	5-7	1187
200156-6	chc, adg	с.с	4,8	10,1	3-5	1128
200158-3	vrn, phu, adg	п	8,2	16,7	3-5	1117
20099-53	vrn, ber	с.п	7,8	18,3	5-7	1097
99109-37	mcd, dms, adg	с.п	4,8	13,4	5-7	1028
99112-8	mcd, dms, adg	с.с	4,6	13,8	3-5	1020

Примечание: п – поздний, с.р – средне ранний, с.с – среднеспелый, с.п – средне поздний, chc – *S. chacoense*, ryb – *S. rybinii*, mcd – *S. microdontum*, vrn – *S. vernei*, polyt – *S. polytrichon*, brvc – *S. brevicaulia*, dms – *S. demissum*, sto – *S. stoloniferum*, ber – *S. berthaultii*, pnt – *S. pinnatisectum*, com – *S. commersonii*, adg – *S. andigenum*, phu – *S. phureja*

Представленные в таблице беккроссы отличаются повышенной продуктивностью. Особенно выделились по данному показателю: гибрид 20424-6, полученный с участием видов *S. vernei*, *S. berthaultii*, *S. commersonii* и *S. rybinii*, гибрид 20525-7 (*S. chacoense*, *S. berthaultii*, *S. brevicaulia*) и гибрид 20540-17 (*S. vernei*, *S. chacoense*, *S. brevicaulia*).

Высоким содержанием крахмала (среднее за годы испытаний 20,1%, максимальное – 23,8%) характеризуется образец 200150-21 созданный на основе видов *S. vernei*, *S. phureja*, *S. andigenum*. Повышенное содержание крахмала 18,8; 18,3 и 18,2% отмечено у образцов 200170-10, 20099-53, 20429-5, полученных с использованием видов *S. vernei*, *S. phureja*, *S. andigenum*, *S. berthaultii*, *S. commersonii* и *S. rybinii*.

Двенадцать гибридов, из представленных в таблице 2, отличаются относительно-высокой и высокой устойчивостью к фитофторозу по листьям.

По пригодности к промышленной переработке на хрустящий картофель после 5 месяцев хранения выделен гибрид 20544-12, в генотипе которого присутствуют гены видов *S. andigenum*, *S. microdontum* и

S. demissum. Еще 8 образцов имели цвет готового продукта на уровне 5-7 баллов.

В результате выполненных исследований гибрид 20026-1 рекомендован в качестве исходной формы по продуктивности и устойчивости к фитофторозу, гибриды 200158-3, 200150-21 – в качестве исходных форм по продуктивности, устойчивости к фитофторозу и повышенному содержанию крахмала, а гибриды 20099-53 и 200170-10 – по продуктивности, устойчивости к фитофторозу, повышенной крахмалистости и пригодности к промышленной переработке.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для многих мейотических полиплоидов отмечено повышение продуктивности, улучшение формы клубня, компактности клубневого гнезда, уменьшение длины столонов и глубины залегания глазков по сравнению с исходными диплоидными родительскими формами.

Продуктивность, содержание крахмала, пригодность к промышленной переработке, устойчивость к фитофторозу, количество клубней, их форма, габитус куста, длина столонов и компактность клубневого гнезда у мейотических гибридов не зависит от способа перевода диплоидных образцов на тетраплоидный уровень (односторонняя или двусторонняя полиплоидия), а обуславливались комбинационной способностью родительских форм.

Беккроссы отличаются от мейотических тетраплоидов уменьшением количества нежелательных признаков, характерных для дикорастущих видов картофеля. Однако отмечены и отрицательные последствия беккроссирования, связанные, прежде всего, с уменьшением крахмалистости потомства. Для некоторых беккроссных популяций также отмечено снижение продуктивности, устойчивости к фитофторозу и пригодности к промышленной переработке.

Литература

1. Ермишин, А.П. Генетические основы селекции картофеля на гетерозис / А.П. Ермишин // – Минск: Тэхналогія, 1998. – 183 с.
2. Ивановская, Е.В. Гаплоидное растение *S.tuberosum* / Е.В. Ивановская // Докл. АН СССР. – 1939. – Т. 24. – С. 488–491.
3. Методика исследования по культуре картофеля. – М.: Колос, – 1967. – 225 с.
4. Методы оценки картофеля, овощных и плодовых культур на устойчивость к болезням: Метод. рекомендации / БелНИИ картофелеводства и плодоовощеводства; Под ред. Н.А. Дорожкина, В.Г. Иванюка. – Минск, 1987. – 95 с.

USE MEIOTIC POLYPLOIDY IN CREATION OF THE INITIAL MATERIAL OF THE POTATO

KOZLOV V.A.

SUMMARY

Influence method of transfer the perspective diploid hybrids to the tetraploid level (unilateral or bilateral polyploidy) and influence backcrosses B1 and B2 on the economic signs of hybrid offspring are present in article. Established that efficiency, the maintenance of starch, roadworthy for technical processing, stability to fitophtora, amount of tubers, tubers shape, habits, length of stolons, compact tubers pocket at meiotic hybrids is independent of the transfer diploid samples to the tetraploid level. These parameters are caused combination ability of the parental forms.

Backcrosses are different from meiotic tetraploid at reduction amounts of undesirable signs typical of wild potato species. Decreasing of starch at posterity is negative consequence backcrossing. Also is noted reduction in the productivity, reduction of stability to fitophtora, deterioration of roadworthy for technical processing.

Key words: potato, meiotic polyploidy, hybrids, backcrosses, economic signs.

Поступила в редакцию 30.04.2013 г.

УДК 635.21:631.52:575.222.72

ВОВЛЕЧЕНИЕ В ПРАКТИЧЕСКУЮ СЕЛЕКЦИЮ МЕЖВИДОВОГО ГИБРИДНОГО МАТЕРИАЛА КАРТОФЕЛЯ, ПОЛУЧЕННОГО НА ОСНОВЕ РЕДКО ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДИКИХ ВИДОВ

Козлов В.А., Чашинский А.В., Русецкий Н.В., Шутинская И.А.

РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству», Республика Беларусь

РЕЗЮМЕ

Изучены новые образцы диких видов картофеля по устойчивости к фитофторозу листьев, черной ножке, и Y-, X-, M-, A- вирусам; выделены формы с высоким проявлением признака устойчивости к данным болезням. Выполнена оценка образцов по содержанию крахмала, цветению и ягодообразованию. Отобранные, по изучаемым признакам, образцы были вовлечены в гибридизацию, в результате получены межвидовые гибриды с высокой устойчивостью к наиболее вредоносным фитопатогенам.

Ключевые слова: картофель, дикие виды, селекция, фитофтороз листьев, черная ножка, Y-, X-, M-, A- вирусы, гибридизация, устойчивость к патогенам.

ВВЕДЕНИЕ

За последнее время в Республике Беларусь значительно повысилась пластичность патогенов, усилилась их вирулентность и агрессивность, изменилась биология, штаммовый и расовый состав. В посадках картофеля появились новые и получили широкое распространение считавшиеся ранее малораспространенные болезни [1,2]. В сложившихся фитопатогенных условиях к новым сортам предъявляются более высокие требования. Для получения стабильных и высоких урожаев картофеля необходимо создавать и внедрять в производство сорта, высокая урожайность которых должна сочетаться с устойчивостью к комплексу болезней и вредителей, а также к неблагоприятным условиям среды. Современная селекция направлена на совмещение в сорте вышеназванных показателей с такими хозяйственно ценными признаками, как высокое содержание крахмала, низкое содержание редуцирующих сахаров, хорошие кулинарные качества и др. Выведение таких сортов возможно только при широком использовании в гибридизации всего генофонда картофеля, основной составной частью которого являются дикие виды картофеля [3,4].

Актуальность работы определяется необходимостью обогащения генофонда картофеля новым генетическим материалом, способным повысить уровень защиты культуры от фитопатогенов без использования или с минимальным использованием химических средств защиты.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Для вовлечения в селекционный процесс редко используемых в селекции диких видов картофеля были взяты образцы видов *S. okadae*, *S. incamayoense*, *S. avilesii*, *S. soukupii*, *S. ugentii*, *S. brachistotrich*, *S. hjertingii*, *S. arnezii*, *S. alandiae*, *S. dodsii*, *S. infundibuliforme*, *S. gibberulosum*, *S. chomotophilum*, *S. bolyviense* и *S. chaparense*. Данные формы были получены из Немецко-Голландского центра генетических ресурсов (CGN), ВИРа и Института картофеля США (NRSP-6). Образцы данных видов были предварительно изучены по устойчивости к фитофторозу листьев, черной ножке по ботве и Y-, X-, M- и A- вирусам, а также по содержанию крахмала.

Лабораторную оценку образцов по устойчивости к фитофторозу листьев на искусственно созданном инфекционном фоне проводили согласно методическим рекомендациям «Методы оценки картофеля, овощных и плодовых культур на устойчивость к болезням» [5]. Изучение гибридов по устойчивости к фитофторозу проводили как в лабораторных условиях на искусственном инфекционном фоне, так и в полевых на естественном инфекционном фоне. Для оценки использовали листья среднего яруса растений в фазу бутонизации – цветения. Листья раскладывали на стеклах, покрытых двумя листами фильтровальной бумаги пропитанных дистиллированной водой, нижней стороной вверх. На каждую долю листа наносили пипеткой каплю суспензии сложной расы *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary в концентрации 25 конидий в поле зрения светового микроскопа при увеличении 120. Искусственное заражение проводили совместно с отделом защиты картофеля РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству». Стекла с листьями помещали во влажную камеру и инкубировали при температуре 18–20°C при постоянном освещении. Пораженность листьев учитывали на 7-е сутки после инокуляции и оценивали по девятибалльной шкале [5].

Оценку устойчивости диких видов к M-, Y-, X-, A-вирусам проводили в условиях защищенного грунта путем искусственного заражения различными штаммами вирусов [6]. Образцы диких видов (по 3 растения на образец) высаживали в горшечной культуре. В фазе полных всходов при наличии 2-3 пар листьев испытуемые образцы инфицировали вирусной инфекцией путем механической инокуляции. Инфекционный сок втирали в опудренные карборундом листья исследуемых образцов с помощью поролоновой губки размером 20x15x10 мм, через 2–3 минуты инокулятом с листьев смывали дистиллированной водой, а затем для более

успешного заражения растения притеняли на сутки. Спустя неделю после инокуляции растения повторно инфицировали вирусами.

В качестве инфектора Y- и A-вируса (каждый в отдельности) использовали *Nicotiana tabacum* L. (сорт Samsun), X-вируса – дурман обыкновенный (*Datura stramonium* L.) M-вируса – растения *Lycopersicon esculentum* L. (сорт Невский). Инокулюм готовили путем растирания листьев растений-инфекторов в фарфоровой ступке с добавлением фосфатного буфера (рН 7,4) в соотношении 1:1, для заражения Y-, A- и M-вирусами и 1:5 для X-вируса. Через две-три недели после инокуляции учитывали внешние признаки вирусных болезней. Диагностику вирусов в исследуемых растениях осуществляли визуальным и иммуноферментным методами в период бутонизации-цветения растений.

Оценку образцов диких видов на устойчивость к возбудителям черной ножки проводили путем заражения срезанных стеблей в фазу бутонизации-цветения суспензией 1–2-суточной культуры патогенов. Для заражения использовали смесь штаммов возбудителей болезни – *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum* и – *Pectobacterium carotovorum* subsp. *atrosepticum*. Учет заражения проводили на 4-е сутки по девятибалльной шкале [7].

Фенологические наблюдения проводили согласно «Методическим указаниям по оценке и поддержанию мировой коллекции картофеля»[8].

Для гибридизации использовали визуально здоровые растения. Клубни родительских форм высаживали в ящиках FinPac в условиях защищенного грунта. В качестве субстрата использовали смесь верхового торфа и грунта в соотношении 1:1. В почвенную смесь добавляли удобрения в расчете 15 г азота 10г фосфора и 20 г калия по действующему веществу на 1 ящик (30 кг субстрата). Полив проводили вручную по мере необходимости. Скрещивания выполняли при оптимальной температуре воздуха 18–20°C, и влажности воздуха 80–85%. С целью искусственного усиления цветения проводили удаление клубней и столонов у родительских образцов [9].

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.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

На первом этапе перед нами стояла задача изучить новые образцы диких видов по устойчивости к фитофторозу листьев, черной ножке (по ботве), и Y-, X-, M-, A- вирусам; выделить формы с высоким проявлением признака устойчивости к данным болезням, а также оценить образцы по цветению и ягодообразованию.

В 2006–2009 гг. образцы редко используемых в селекции диких видов картофеля были оценены по устойчивости к фитофторозу листьев в

лабораторных условиях. Оценку проводили в период бутонизации-цветения. Всего за три года было оценено 40 образцов 8 диких видов. Устойчивость к фитофторозу на уровне 7–8 баллов показали 18 образцов (таблица 1). Наибольшее количество высокоустойчивых образцов отмечено у дикого вида *S. hjertingii*. Формы с высокой устойчивостью к фитофторозу листьев выделены также у видов *S. alandiae*, *S. brachistotrichum*, *S. okadae* и *S. incamayoense*.

Таблица 1 – Образцы диких видов картофеля, с устойчивостью к фитофторозу листьев в 7-8 баллов (2006–2009 гг.)

Дикий вид	Номер по каталогу	Устойчивость к фитофторозу листьев, балл				
		2006	2007	2008	2009	Хср
<i>S.alandiae</i>	18264-1	7,8	8,2	9	7,8	8,2
<i>S.alandiae</i>	18264-2	9	8,2	7,1	7,4	7,9
<i>S.hjertingii</i>	22385-12	8	7,6	8,6	7,2	7,9
<i>S.hjertingii</i>	22385-13	8	7,9	8	7,6	7,9
<i>S.hjertingii</i>	17718-2	7,2	8,7	6,7	7,8	7,6
<i>S.hjertingii</i>	22385-11	7,2	8,1	6,9	8,1	7,6
<i>S.brachistotrichum</i>	17681-9	6,4	7,8	8,6	7,2	7,5
<i>S.hjertingii</i>	22385-5	7,8	6,9	8,1	7,1	7,5
<i>S.okadae</i>	320327-9	8,8	7,2	7,4	6,2	7,4
<i>S.incamayoense</i>	17874-2	7,7	7,8	7,6	6,4	7,4
<i>S.hjertingii</i>	22385-15	8,9	7,3	6,1	7,2	7,4
<i>S.incamayoense</i>	17874-4	8,1	6,7	7,7	6,6	7,3
<i>S.hjertingii</i>	22385-16	7,4	9	5,8	6,8	7,3
<i>S.dodsii</i>	18359-10	6,8	7,3	8,3	6,6	7,3
<i>S.brachistotrich</i>	17681-3	7,2	6,8	6,7	7,9	7,2
<i>S.brachistotrich</i>	17681-6	6,4	7,8	7	7,2	7,1
<i>S.alandiae</i>	18264-3	6,3	6,3	7,8	7,6	7,0
<i>S.soukupii</i>	18061-2	6,3	6,2	8	7,3	7,0

Изучение устойчивости диких видов картофеля к черной ножке по ботве показало, что наибольшей устойчивостью обладают образцы видов *S. bolyviense*, *S. okadae*, *S. hjertingii*, *S. soukupii*, *S. arnezii* и *S. incamayoense*. Средняя устойчивость образцов за годы исследований составила 5,0–6,2 балла (таблица 2).

Таблица 2 - Образцы диких видов картофеля с устойчивостью к возбудителям черной ножки по ботве выше среднего балла (2006–2009 гг.)

Номер образца	Балл устойчивости по стеблям
<i>S.bolyviense</i> К 1-7	6,2
<i>S.okadae</i> 4762-1	6,0

РАЗДЕЛ 2. ИСХОДНЫЙ МАТЕРИАЛ

Продолжение таблицы 2

<i>S.hjertingii</i> 22385-11	6,0
<i>S.bolyviense</i> K 1-7	5,8
<i>S.bolyviense</i> K 2-16	5,6
<i>S.hjertingii</i> 22385	5,6
<i>S.soukupii</i> 18061-1	5,5
<i>S.bolyviense</i> K 2-15	5,0
<i>S.arnezii</i> 545958	5,0
<i>S.incamayoense</i> 17350	5,0
<i>S.brachistotrichum</i> 17781-9	5,0
<i>S.arnezii</i> 18061-2	5,0
<i>S.arnezii</i> 54958-4	5,0
<i>S.acroscopicum</i> P ₁ 230495	5,0
<i>S.okadae</i> P ₁ 320327-12	5,0

В период с 2006 по 2009 гг. проведена оценка редко используемых в селекции диких видов картофеля по устойчивости к Y-, X-, M- и A-вирусам. Всего изучено 38 образцов 12 диких видов.

В условиях защищенного грунта образцы искусственно заражали механической инокуляцией вирусами Y, X, M и A.

В период бутонизации – цветения растений проводили диагностику вирусов в исследуемых растениях с помощью визуального и иммуноферментного методов анализа.

По данным визуальной оценки было установлено, что растения диких видов, пораженные некротическим штаммом Y-вируса (Yⁿ), реагировали симптомами крапчатой мозаики с волнистостью краев листа. На некоторых образцах симптомы заражения проявлялись в виде полосчатой мозаики, вызываемой обычным штаммом Y-вируса (Y⁰).

Реакция на заражение исследуемых растений M-вирусом проявлялась в основном в виде симптомов мозаичного закручивания листьев и задержки роста растений.

При заражении образцов картофеля X-вирусом наблюдались симптомы мозаики различной интенсивности.

На растениях диких видов, инокулированных A-вирусом, проявлялись симптомы междужилковой мозаики в виде светло-желтых полос и деформации листовой пластинки. У некоторых образцов отмечалось бессимптомное вирусоносительство, наличие вирусной инфекции подтверждалось только результатами иммуноферментного анализа.

По результатам проведенных исследований по устойчивости к вирусам были выделены образцы: *S. brachistotrichum* 17681-13, *S. okadae* 47620, *S. arnezii* 545958, не пораженные X-вирусом; *S. soukupii* 18061y, 18061-2, 18630, *S. alandiae* 18264-3, *S. brachistotrichum* 17681-9, 17681-4, *S. arnezii* 545958, *S. ugentii* 546032, *S. avilesii* 18255, *S. gibberulosum* K3691 – Y-вирусом; *S. arnezii* 545958-4 – M-вирусом и *S.incamayoense* 17972-3,

17874-5, 17972-5, *S.hjertingii* 22385-12, 22385-11, *S.soukupii* 18061a, *S.arnezii* 545958a, 545958, *S.alandiae* 18264-14, *S.okadae* 320327-5, 320327-18, *S.brachistotrichum* 17681-6 – А-вирусом. Таким образом, по результатам испытания диких видов выделено 3 образца с высокой устойчивостью к Х вирусу, к Y-вирусу – 10, к М-вирусу – 1, А-вирусу – 12.

В результате изучения образцов диких видов картофеля по цветению и ягодообразованию установлено, что практически все линии характеризовались интенсивным цветением. Исключение составили образцы вида *S. chomotophilum*. Ягоды от свободного опыления получены у образцов диких видов *S. hjertingii*, *S. okadae*, *S. incamayoense*, *S. brachistotrichum*, *S. alandiae*, *S. dodsii*, *S. avilesii*.

С целью вовлечения новых диких видов в селекционный процесс было выполнено 95 комбинаций скрещиваний. Гибридизацию выполняли по схеме дикий вид х дигамплоид, дикий вид х *S. andigenum*, дикий вид х *S. phureja*. Также при гибридизации использовался метод посредника. В качестве посредников использовались виды *S. chacoense*, *S. vernei* и *S. demissum*. Ягоды завязались в 15 комбинациях скрещиваний. В том числе с диким видом *S. okadae* – 2, *S. hjertingii* – 4, *S. avilesii* – 1, *S. chaporeense* – 4, *S. arnezii* – 1, *S. incamayoense* – 3.

Гибридные семена, полученные от скрещиваний диких видов *S. okadae*, *S. hjertingii*, *S. avilesii*, *S. chaporeense*, *S. arnezii*, *S. incamayoense* с диплоидными и тетраплоидными межвидовыми гибридами. (14 комбинаций скрещиваний) в количестве 5670 шт. были высеяны в условиях защищенного грунта для получения первого клубневого поколения.

В дальнейшем полученные межвидовые гибриды, были изучены по устойчивости к фитофторозу листьев, черной ножке (по ботве). Проведено искусственное заражение сеянцев на стадии 2-3 настоящих листочков инокулюмом содержащим инфекцию Х-, Y-, А- и М-вирусов.

По устойчивости к фитофторозу листьев в лабораторных условиях оценено 90 межвидовых гибридов.

В результате двухлетних испытаний выделены гибриды 23-09 (inm, chc), 27-09-17 (hjt, vrn) и 27-09-16 (hjt, vrn) с относительно высокой устойчивостью к фитофторозу листьев (таблица 3).

Таблица 3 – Устойчивость межвидовых гибридов картофеля к фитофторозу листьев

Селекционный номер	Виды на основании которых получены гибриды	Устойчивость к фитофторозу листьев, балл		Х ср.
		2011 г.	2012 г.	
23-09	<i>S. incamayoense</i> , <i>S. chacoense</i>	8	6,8	7,4
27-09-17	<i>S. hjertingii</i> , <i>S. vernei</i>	9	5,2	7,1

Продолжение таблицы 3

27-09-16	<i>S. hjertingii</i> , <i>S. vernei</i>	7	7	7,0
2-09-4	<i>S. okadae</i> , <i>S. andigenum</i>	7	5,7	6,4
2-09-15	<i>S. okadae</i> , <i>S. andigenum</i>	7	5,8	6,4
81-09-7	<i>S. bolyviense</i> , <i>S. chacoense</i>	3	9	6,0
2-09-12	<i>S. okadae</i> , <i>S. andigenum</i>	7	4,1	5,6
2-09-10	<i>S. okadae</i> , <i>S. andigenum</i>	3	7,4	5,2
27-09	<i>S. hjertingii</i> , <i>S. vernei</i>	3	7,4	5,2
1-09	<i>S. okadae</i> , <i>S. andigenum</i>	5	5,2	5,1
2-09-11	<i>S. okadae</i> , <i>S. andigenum</i>	5	5	5,0
27-09-8	<i>S. hjertingii</i> , <i>S. vernei</i>	3	7	5,0

В полевых условиях оценено 46 гибридов. Относительно высокая и высокая устойчивость листьев к фитофторозу на естественном инфекционном фоне на первую декаду сентября отмечена у 11 образцов. Выделились гибриды, полученные на основе видов *S. hjertingii*, *S. okadae*, *S. incamayoense* и *S. andigenum*.

По устойчивости к X-, Y-, A- и M-вирусам изучен 51 образец. После двукратного искусственного заражения вирусами в период бутонизации – цветения растений проводили диагностику вирусов в исследуемых растениях с помощью визуального и иммуноферментного методов анализа.

Через 12–14 дней после инокуляции Y-вирусом у образцов 22-4, 25 и 2-09-14 отмечались системные и точечные некрозы, указывающие на сверхчувствительную реакцию к патогену.

Реакция на заражение исследуемых растений M-вирусом проявлялась в виде симптомов мозаичного закручивания листьев и задержки роста. В случае заражения образцов картофеля X-вирусом наблюдались симптомы мозаики от слабой до ярко выраженной степени. У некоторых образцов отмечалось бессимптомное вирусоносительство, наличие вирусной инфекции у них подтверждено результатами иммуноферментного анализа.

По результатам проведенных исследований с использованием искусственного заражения и тестирования ИФА среди межвидовых гибридов было выделено 28 образцов (27-09-15, 81-09-23, 27-09-2, 27-09-9, 29-09-7, 27-09-14, 27-09, 27-09-3, 2-09, 22-2, 27-4, 27-09-3, 27-09-5, 2-09-11, 2-09-6, 81-09-7, 2-09-14, 1-09-3, 2-09-3, 27-09-13, 27-09-4, 2-09-8, 22-3, 81-09-16, 81-09-4, 2-09-12, 2-09-9 и 83-09) с высокой устойчивостью к Y-вирусу, 21 – (27-09-15, 81-09-13, 27-09-2, 27-09-9, 27-09, 81-09-6, 2-09-13,

2-09-14, 27-09-17, 1-09-3, 2-09-3, 2-09-10, 27-09-13, 81-09-18, 2-09-8, 22-1, 81-09-19, 2-09-12, 2-09-2, 27-09-7 и 81-09-14) к вирусу А. Образцов, устойчивых к Х- и М-вирусам не выявлено.

Сорок семь гибридов в течение двух лет были оценены по устойчивости к черной ножке по стеблям. Выделено 14 гибридов с устойчивостью в 6,0–7,4 балла. Результаты испытания представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Результаты испытания перспективных гибридов картофеля по устойчивости к черной ножке по стеблям (2011–2012 гг.)

Номер образца	Виды на основании которых получен гибрид	Балл устойчивости к черной ножке по стеблям
81-09-16	<i>S.bolyviense</i> , <i>S. chacoense</i>	7,4
81-09-9	<i>S.bolyviense</i> , <i>S. chacoense</i>	7,0
1-09-3	<i>S. okadae</i> , <i>S. andigenum</i>	7,0
26-09-8	<i>S. hjertingii</i> , <i>S. vernei</i>	7,0
2-09-11	<i>S. okadae</i> , <i>S. andigenum</i>	7,0
27-09-14	<i>S. hjertingii</i> , <i>S. vernei</i>	7,0
2-09-14	<i>S. okadae</i> , <i>S. andigenum</i>	6,3
27-09-15	<i>S. hjertingii</i> , <i>S. vernei</i>	6,2
81-09-14	<i>S.bolyviense</i> , <i>S. chacoense</i>	6,0
81-09-23	<i>S.bolyviense</i> , <i>S. chacoense</i>	6,0
1-09-2	<i>S. okadae</i> , <i>S. andigenum</i>	6,0
27-09-5	<i>S. hjertingii</i> , <i>S. vernei</i>	6,0
27-09-6	<i>S. hjertingii</i> , <i>S. vernei</i>	6,0
2-09-15	<i>S. okadae</i> , <i>S. andigenum</i>	6,0

По содержанию крахмала в клубнях изучен 121 образец. Выделено 10 межвидовых гибридов с содержанием крахмала свыше 20%. Данные формы имеют в своем происхождении гены видов *S. okadae*, *S. hjertingii*, *S. incamayoense*, *S. vernei*, *S. chacoense* и *S. andigenum* (таблица 3).

Таблица 5 – Характеристика перспективных межвидовых гибридов картофеля созданных на основе редко используемых диких видов картофеля по содержанию крахмала (2011–2012 гг.)

Селекционный номер	Дикие и культурные виды, на основе которых получен гибрид	Содержание крахмала, %		Х ср, %
		2011 г.	2012 г.	
2-09-9	<i>S. okadae</i> , <i>S. andigenum</i>	27,5	18,5	23,0
27-09-4	<i>S. hjertingii</i> , <i>S. vernei</i>	25,1	22,4	23,7
35-09-7	<i>S. hjertingii</i> , <i>S. chacoense</i>	25,2	15,0	20,1
35-09-8	<i>S. hjertingii</i> , <i>S. chacoense</i>	26,9	15,7	21,3

Продолжение таблицы 5

46-09-2	<i>S. incamayoense</i> , <i>S. chacoense</i>	23,7	21,9	22,8
53-09-7	<i>S. hjertingii</i> , <i>S. andigenum</i>	22,2	19,8	21,0
53-09-14	<i>S. hjertingii</i> , <i>S. andigenum</i>	23,1	20,8	22,0
53-09-17	<i>S. hjertingii</i> , <i>S. andigenum</i>	23,0	20,9	21,9
53-09-16	<i>S. hjertingii</i> , <i>S. andigenum</i>	24,3	19,1	21,7
53-09-3	<i>S. hjertingii</i> , <i>S. andigenum</i>	23,5	20,5	22,0

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. По результатам трехлетнего изучения образцов диких видов по устойчивости к фитофторозу листьев с устойчивостью в 7-8 баллов выделено 15 образцов.

2. Относительно высокую и высокую устойчивость к черной ножке по ботве на протяжении 4 лет изучения показали образцы *S. arnezii* 545958-4, *S. incamayoense* 17874-2, *S. okadae* 320327-12 и *S. hjertingii* 17718-2.

3. По результатам проведенных исследований с использованием искусственного заражения и анализов ИФА были выделены образцы диких видов: *S. brachistotrichum* 17681-13, *S. okadae* 47620, *S. arnezii* 545958, не пораженные X-вирусом; *S. soukupii* 18061y, 18061-2, 18630, *S. alandiae* 18264-3, *S. brachistotrichum* 17681-9, 17681-4, *S. arnezii* 545958, *S. ugentii* 546032, *S. avilesii* 18255, *S. gibberulosum* K3691 – Y-вирусом; *S. arnezii* 545958-4 – M-вирусом, A-вирусом – 12.

4. С дикими видами, ранее не используемыми (редко используемыми) в гибридизации выполнено 95 комбинаций скрещиваний. Ягоды завязались в 15 комбинациях. В том числе с диким видом *S. okadae* – 2, *S. hjertingii* – 4, *S. avilesii* – 1, *S. chaporeense* – 4, *S. arnezii* – 1, *S. incamayoense* -3.

5. По результатам двухлетних испытаний относительно высокую устойчивость к фитофторозу листьев показали гибриды 23-09 (*S. incamayoense*, *S. chacoense*), 27-09-17 (*S. hjertingii*, *S. vernei*) и 27-09-16 (*S. hjertingii*, *S. vernei*).

6. В полевых условиях оценено 46 гибридов. Относительно высокая и высокая устойчивость листьев к фитофторозу на естественном инфекционном фоне отмечена у 11 образцов на первую декаду сентября. Выделились гибриды, полученные на основе видов *S. hjertengii*, *S. okadae*, *S. incamayoense* и *S. andigenum*.

7. В результате изучения гибридов по устойчивости к черной ножке выделено 14 гибридов с устойчивостью в 6,0 – 7,4 балла.

8. По результатам проведенных исследований с использованием искусственного заражения и тестирования ИФА было выделено 28 образцов, свободных от инфекции Y-вируса, 21–A-вируса.

9. По содержанию крахмала в клубнях изучен 121 образец. Выделено 10 межвидовых гибридов с содержанием крахмала свыше 20%,

полученных на основе видов *S. okadae*, *S. hjertingii*, *S. incamayoense*, *S. vernei*, *S. chacoense* и *S. andigenum*.

Литература

1. Иванюк, В.Г. Внутривидовая неоднородность *Phytophthora infenstans* (Mont) de Bary – возбудителя фитофтороза картофеля / В.Г. Иванюк, О.В. Авдей // Весці Акад. навук Беларусі. – 1997. – № 3. – С.87–91.
2. Иванюк, В.Г. Современная фитопатологическая ситуация на картофеле и пути ее улучшения // Аграрная наука на рубеже XXI века: материалы общего собрания Академии агр. наук РБ. – Минск, 2000. – С.11.
3. Подгаецкий, А.А. Использование генофонда картофеля в селекции на фитофтороустойчивость / А.А. Подгаецкий// – Киев, 1991. – 48. с.
4. Подгаецкий, А.А. Генетические ресурсы картофеля / А.А. Подгаецкий // Материалы Междунар. юбил. науч.-практ. конф., посвящ. 75-летию Ин-та картофелеводства Нац. акад. наук Беларуси, Самохваловичи, 7-10 июля 2003 г. : науч. тр. / Нац. акад. наук Беларуси, Респ. науч.-исслед. унитар. предприятие "Ин-т картофелеводства Нац. акад. наук Беларуси" ; редкол.: С.А. Банадысев [и др.]. – Минск, 2003. – Ч. 1. – С. 180-189
5. Методы оценки картофеля, овощных и плодовых культур на устойчивость к болезням : метод. рекомендации / В.Г. Иванюк [и др.] ; под ред. Н.А. Дорожкина ; Белорус. науч.-исслед. ин-т картофелеводства и плодовоовощеводства. – Минск, 1987. – 95 с.
6. Методические указания по созданию и оценке селекционного материала картофеля на устойчивость к штаммам вирусов: / Сост. Амбросов А.Л., Блоцкая Ж.В., Счасленок Е.М. и др. – 1983. – 16 с.
7. Шнейдер, Ю.И. Оценка устойчивости сортов картофеля / Ю.И. Шнейдер // Защита растений от вредителей и болезней. – 1965. – № 12. – С. 22-23.
8. Методические указания по оценке и поддержанию мировой коллекции картофеля / Всесоюз. акад. с.-х. наук им. В.И. Ленина, Всесоюз. науч.-исслед. ин-т растениеводства им. Н.И. Вавилова ; сост. С.М. Букасов [и др.]. – Л., 1976. – 27 с.
9. Родионова, З.П. Гибридизация картофеля на срезанных стеблях / З.П. Родионова // С.-х. информация. – Киев, 1971. – №. 2. – С. 35-36.

**INVOLVEMENT IN PRACTICAL BREEDING INTERSPECIFIC
HYBRID MATERIAL OF POTATOES OBTAINED FROM RARELY
USED SPECIES OF WILD**

KOZLOV V., CHASHINSKI A., RUSETSKY N., SHUTINSKAYA I.A.

SUMMARY

In article are learn new patterns of wild species of potato on stability to late blight blackleg, and Y-, X-, M-, A-viruses. The forms which have high resistance to these diseases are was isolated. The form was analyzed on content of starch, flowering, berries formation. As a result of the hybridization selecting forms was received interspecific hybrids which have highly resistant to phytopathogens.

Key words: potato, wild kinds, breeding, late blight on leafs, blackleg, Y-, X-, M-, A-viruses, resistance.

Поступила в редакцию 10.05.2013 г.

УДК 635.21

ИЗУЧЕНИЕ КОЛЛЕКЦИИ КАРТОФЕЛЯ ПО ОСНОВНЫМ ХОЗЯЙСТВЕННО-ЦЕННЫМ ПРИЗНАКАМ НА ЮГО-ВОСТОКЕ КАЗАХСТАНА

Красавин В.Ф., Мошняков А.Н., Шарипова Д.С., Койбагаров Е.С., Красавина В.К.

Казахский НИИ картофелеводства и овощеводства,

E-mail:niikoh.nauka@rambler.ru

РЕЗЮМЕ

Исследования по изучению 1500 образцов картофеля мировой коллекции проводили в 2007-2011 гг. в Алматинской области Казахстана в двух почвенно-климатических зонах (предгорной, подверженной сильному вырождению картофеля) и горной (благоприятной для возделывания картофеля). В результате всесторонней оценки генофонда Республики Казахстан были сформированы признаковые коллекции для селекции по полевой устойчивости к вирусным болезням и альтернариозу, продуктивности и пригодности к промышленной переработке. Отобран исходный материал по комплексу хозяйственно-ценных признаков.

Ключевые слова: картофель, селекция, биология, генетика, переработка.

ВВЕДЕНИЕ

В Казахстане картофель является одним из основных продуктов питания и по своей значимости занимает второе место после хлеба. Площади посадок под данной культурой в республике составляют порядка 170 тыс. га, однако из-за низкой урожайности валовой сбор клубней не обеспечивает потребность народного хозяйства. Связано это с тем, что в условиях жаркого и засушливого климата большинства регионов Казахстана и распространения тяжелых форм вирусных заболеваний многие высокопродуктивные сорта отечественной и зарубежной селекции уже на второй-третий год репродукции резко снижают урожайность, семенные качества и вырождаются. Наряду с вырождением, значительные потери урожая и снижение их товарных и семенных качеств связаны с поражением картофеля грибными, бактериальными и неинфекционными болезнями. В решении данной проблемы главная роль отводится селекции. В связи с этим, основными и актуальными направлениями научно-исследовательских работ являются: селекция на продуктивность, жаростойкость и засухоустойчивость, устойчивость к распространенным в республике болезням. Новое направление – создание сортов, пригодных к

промышленной переработке на высококачественные продукты питания и крахмал.

Цель и задачи исследований – изучить биологические особенности образцов из мировой коллекции картофеля в условиях юго-востока Казахстана и выделить исходный материал для селекции на продуктивность, устойчивость к абиотическим и биотическим факторам, пригодность к промышленной переработке.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Исследования проводили в 2007–2011 годах в двух основных почвенно-климатических зонах возделывания картофеля – предгорной и горной, в Карасайском районе Алматинской области на полях Казахского НИИ картофелеводства и овощеводства.

Предгорная зона (950 м.н.у.м.) расположена на северном склоне Заилийского Алатау. Почвы темно-каштановые, среднесуглинистые по механическому составу, развитые на лессовидных суглинках. Структура почвы рыхлая, слабовыраженная, заплывает при поливе и от дождей, образуя плотную корку, которая нарушает ее водный и воздушный режимы. Климат предгорной зоны резко-континентальный, средняя температура июля составляет 22–24 °С, а января – (–10°С) – (–15°С). Весенние заморозки прекращаются в третьей декаде апреля и возобновляются в третьей декаде сентября – начале октября. Годовое количество осадков выпадает в пределах 250–300 мм, участки поливные. Зона подвержена сильному вырождению картофеля.

Горная зона (1800–2000 м.н.у.м.) представляет собой горное плато с волнисто-холмистым рельефом. Участки, под картофель выровненные с незначительным уклоном с юга на север, неполивные. Почвы – выщелоченный чернозем тяжелосуглинистый по механическому составу, структура мелкозернистая. Мощность гумусового горизонта 60–80 см. Климатические условия отличаются сравнительной мягкостью, хорошим соотношением тепла и влаги. Июльские температуры обычно не превышают 25–30 °С. Заморозки прекращаются в конце апреля – начале мая, а наступают во второй половине сентября. Годовая норма осадков колеблется в пределах 600–800 мм. Зона наиболее благоприятна для возделывания картофеля.

Изучение коллекционного материала картофеля проводили на основе методических указаний и рекомендаций Всероссийского НИИ картофельного и хозяйства им. А.Г. Лорха, Всероссийского НИИ растениеводства им. Н. И. Вавилова и Научно-практического центра НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству [1–4]. По ряду исследуемых специфических вопросов внесены изменения и дополнения к перечисленным выше методическим рекомендациям. Так, наблюдения за проявлением вирусных болезней осуществлялось в три срока – в фазе бутонизации растений, цветения и через 15 суток после цветения, т.е. до

отмирания ботвы. Устойчивость растений к вирусным болезням оценивалось по 9 бальной шкале: 1 балл – поражено 81–100% растений; 2 балла – 71–80%; 3 балла – 61–70%; 4 балла – 51–60%; 5 баллов – 41–50%; 6 баллов – 31–40%; 7 баллов – 21–30%; 8 баллов – 11–20% и 9 баллов – 0–10%. Образцы, у которых поражение составляет 1–3 балла, относятся к группе неустойчивых, 4–5 баллов – к слабо устойчивых, 6–7 баллов – к среднеустойчивых, 8–9 баллов – к высоко устойчивых [5]. Устойчивость образцов картофеля к парше обыкновенной оценивали по 5 бальной шкале: 0 – клубни не поражены паршой (язвы отсутствуют); 1 – незначительное поражение (наличие отдельных язв до 5 шт); 2 – слабое поражение (язвы занимают 1/3 до 1/2 поверхности клубня); 4 – сильное поражение (язвы занимают свыше 1/2 поверхности клубня) [6]. Для изучения жаростойкости использовали методы Ф.Ф. Мацкова и М.Д. Кушнirenко, а также О.П. Зубкуса с разработанной нами модификацией, применительно к растениям картофеля [7-11]. Определение реакции клубней на воздействие высоких температур проводилось по методикам В.Ф. Альтергота, Н.Н. Иванова и П.А. Генкеля [12–14]. Засухоустойчивость образцов определялось по Ф.А. Новикову и Г.В. Удовенко [15–16]. Учет повреждения клубней ржавой пятнистостью мякоти клубня проводился по методике В.Г. Рейфмана [17]. Статистическая обработка экспериментальных данных проводилась по Б.А. Доспехову и В.Г. Вольфу [18–19]. Агротехнические мероприятия на селекционных участках выполнялись на основе рекомендаций КНИИКО, разработанных для юго-востока Казахстана.

В исследованиях использовали 1500 образцов мировой коллекции. По происхождению половина сортов и межвидовых гибридов российской селекции, 19% образцов зарубежных стран Европы, 18% образцов казахстанской селекции, на долю остальных стран мира приходится 13% образцов. В качестве стандартов использовались лучшие сорта, районированные по Алматинской области. Сорт Латона – голландской селекции (фирма «HZPC»), районирован с 2003 г., сорт ранний, высокоурожайный, столового назначения. Сорт Тениз – казахстанской селекции (КНИИКО), районирован с 1999 г. года, сорт среднеранний, высокоурожайный, с повышенным содержанием крахмала (20–24%), столового назначения, пригоден к промышленной переработке на крахмал. Сорт Аксор – казахстанской селекции (КазНИИКО), районирован с 1998 г., сорт среднеспелый, высокоурожайный, столового назначения, пригоден к промышленной переработке.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Погодные условия для картофеля в вегетационный период складывались неодинаково по годам исследований. Наиболее благоприятными для картофеля были 2009 и 2010 годы. В остальные годы, в период образования клубней (июнь – август), стояла жаркая и сухая погода, позволившая достоверно оценить образцы по жаростойкости и

засухоустойчивости. В результате всесторонней пятилетней оценки образцов картофеля, были сформированы признаковые коллекции для селекции. Многообразие генетических ресурсов позволяет решать различные задачи казахстанской селекции. Так, из 1500 образцов генофонда Республики Казахстан 14% составляет группа ранних, 18% – среднеранних, 50% – среднеспелых, 18% – среднепоздних и поздних.

Исходным материалом для селекции картофеля на полевую устойчивость к вирусным болезням являются образцы: сорта – Акколь, Аксор, Алатау, Alwara, Арал, Арника, Архидея, Астана, Аул, Балобай, Барон, Барс, Bellarosa, Berber, Беркут, Бирлик, Бриз, Валентина, Valisa, Виза, Victoria, Голубизна, Гранит, Дельфин, Дина, Дуняша, Донцовский, Елена, Estrella, Жанайсан, Жолбарыс, Жуалы, Журавника, Impala, Innovator, Ирбитский, Камераз, Каменский, Карасайский, Cosmos, Кузнечанка, Ладожский, Лазер, Ласунок, Latona, Лилея, Любава, Максим, Мария, Мошняковский, Накра, Нартау, Наяда, Невский, Никитка, Нур-Алем, Нэрли, Отрада, Picasso, Памяти Боброва, Raia, Red star, Rikea, Rosara, Roка, Росинка, Русский сувенир, Sante, Скарб, София, Союз, Спиридон, Стрелец, Тамыр, Текес, Тениз, Тобол, Тохтар, Тулеевский, Тянь-Шаньский, Удача, Улан, Уладар, Утенок, Чародей, Шагала, Шортандинский, Явар; гибриды – Аз360, Аз401, №5, №7, 8ж, 13ж, №57, №75, №99, 95-29-1, 95-3-1, 133-02, №136, №267, №275, №281, №288, CIP-2, CIP-5, CIP6, CIP7, CIP8, CIP9, CIP11, CIP12, CIP13, 0-98-3, 2-02-13, 2-99-2, 3-01-5, 3-99-5, 5-98-3, 6-02-15, 6-98-3, 7-02-12, 7-94-0, 7-98-2, 7-98-12, 8-02-5, 8-04-9, 8-98-5, 9-86-2, 10-01-4, 10-02-02, 10-86-2, 27-9-9, 99-9-1.

Исходным материалом для селекции картофеля на полевую устойчивость к макроспориозу являются образцы: сорта - Акколь, Аксор, Алатау, Арал, Арника, Архидея, Астана, Аул, Балобай, Барон, Барс, Bellarosa, Berber, Беркут, Бирлик, Валентина, Гранит, Донцовский, Елена, Жолбарыс, Жуалы, Камераз, Каменский, Карасайский, Кузнечанка, Ладожский, Ласунок, Latona, Любава, Максим, Мария, Мошняковский, Нартау, Наяда, Никитка, Нур-Алем, Нэрли, Отрада, Picasso, Памяти Боброва, Raia, Росинка, Sante, София, Союз, Стрелец, Тамыр, Текес, Тениз, Тобол, Тулеевский, Тянь-Шаньский, Улан, Утенок, Чародей, Шагала, Аз360; гибриды – Аз360, Аз401, №5, №7, 8ж, 13ж, №57, №75, №99, 95-29-1, 95-3-1, 133-02, №136, №267, №275, №281, №288, CIP-1, CIP-2, CIP-3, CIP-4, CIP-5, CIP6, CIP7, CIP8, CIP9, CIP-10, CIP11, CIP12, CIP13, CIP-14, 0-98-3, 2-02-13, 2-99-2, 3-01-5, 3-99-5, 5-98-3, 6-02-15, 6-98-3, 7-02-12, 7-94-0, 7-98-2, 7-98-12, 8-02-5, 8-04-9, 8-98-5, 9-86-2, 10-01-4, 10-02-02, 10-86-2, 27-9-9, 99-9-1.

Исходным материалом в селекции картофеля на продуктивность являются образцы: сорта – Акколь, Аксор, Aladin, Алая заря, Алый парус, Антонина, Arosa, Artemis, Asteriks, Арал, Архидея, Астана, Аул, Балобай, Барон, Барс, Bellarosa, Berber, Беркут, Бирлик, Бородинский розовый, Бриз, Валентина, Valisa, Виза, Victoria, Gala, Голубизна, Гранит, Desire, Дина, Дихан, Донцовский, Дуняша, Елена, Estrella, Jeaerla, Жанайсан, Жолбарыс,

Жуалы, Жуковский ранний, Журавника, Secura, Impala, Innovator, Ирбитский, Камераз, Каменский, Карасайский, Cosmos, Костанайский новости, Красавчик, Крепыш, Кузнечанка, Ладожский, Лазер, Ласунок, Latona, Лилея, Любава, Максим, Мария, Маяк, Накра, Нартау, Наяда, Невский, Никитка, Нур-Алем, Нэрли, Отрада, Памяти Боброва, Петербургский, Picasso, Raia, Red star, Rosara, Roka, Romano, Русский сувенир, Рябинушка, Sante, Simfonia, Скраб, Славянка, София, Союз, Снегирь, Спиридон, Стрелец, Тамыр, Текес, Тениз, Тобол, Тохтар, Тулеевский, Тустеп, Тянь-Шаньский, Удовицкий, Удача, Уладар, Улан, Утенок, Фантазия, VeIox, Чародей, Шагала, Шортандинский, Ягодный 19; гибриды – Аз360, Аз401, №5, №7, 8ж, 13ж, №57, №75, №99, 95-29-1, 95-3-1, 133-02, №136, №267, №275, №281, №288, СІР9, СІР-13, 0-98-3, 2-02-13, 2-99-2, 3-01-5, 3-99-5, 5-98-3, 6-02-15, 6-98-3, 7-02-12, 7-94-0, 7-98-2, 7-98-12, 8-02-5, 8-04-9, 8-98-5, 9-86-2, 10-01-4, 10-02-02, 10-86-2, 27-9-9, 99-9-1.

Исходным материалом для селекции картофеля на пригодность к промышленной переработке являются сорта: Adretta, Акколь, Аксор, Алена, Алый парус, Arosa, Архидея, Астана, Asteriks, Аул, Барон, Беркут, Бирлик, Брянский деликатес, Valisa, Валентина, Victoria, Gala, Голубизна, Desire, Дина, Дуняша, Елена, Estrella, Жанайсан, Жолбарыс, Жуалы, Жуковский ранний, Журавника, Secura, Impala, Innovator, Карасайский, Кузнечанка, Лазарь, Ласунок, Лидер, Максим, Мария, Накра, Нартау, Наяда, Никитка, Нур-Алем, Нэрли, Raja, Памяти Боброва, Rosara, Romano, Русский сувенир, Рябинушка, Sante, Свитанок киевский, Снегирь, София, Союз, Спиридон, Тамаша, Тамыр, Текес, Тениз, Тобол, Тохтар, Удача, Удовицкий, Утенок, Фантазия, VeIox, Fresco, Хозяюшка, Чародей, Шагала.

Исходный материал для селекции на жаростойкость и засухоустойчивость – сорта Адиль, Азанда, Айтмурат, Акжар, Акколь, Аксор, Алатау, Алая заря, Альянс, Арал, Астана, Аул, Бата, Баянды, Беркут, Бирлик, Бульба, Валентина, Валерий, Влад, Дидар, Дихан, Дуняша, Елена, Жанайсан, Жолбарыс, Жуалы, Кайнар, Казахстанский, Карасайский, Когалы, Кормилица, Костанайские новости, Максим, Мария, Мирас, Мошняковский, Нартау, Натали, Никитка, Нур-Алем, Нэрли, Орбита, Памяти Боброва, Союз, Тамаша, Тамыр, Танда, Тандем, Татьяна, Текес, Тениз, Тобол, Тохтар, Тустеп, Тянь-Шаньский, Удовицкий, Улан, Ушконыр, Шагала. Акколь, Аксор, Алатау, Alwara, Арал, Арника, Архидея, Астана, Аул, Балобай, Барон, Барс, Bellarosa, Berber, Беркут, Бирлик, Бриз, Валентина, Valisa, Виза, Victoria, Голубизна, Гранит, Дельфин, Дина, Дуняша, Донцовский, Елена, Estrella, Жанайсан, Жолбарыс, Жуалы, Журавника, Impala, Innovator, Ирбитский, Камераз, Каменский, Карасайский, Cosmos, Кузнечанка, Ладожский, Лазер, Ласунок, Latona, Лилея, Любава, Максим, Мария, Мошняковский, Накра, Нартау, Наяда, Невский, Никитка, Нур-Алем, Нэрли, Отрада, Picasso, Памяти Боброва, Raia, Red star, Rikea, Rosara, Roka, Росинка, Русский

сувенир, Sante, Скарб, София, Союз, Спиридон, Стрелец, Тамыр, Текес, Тениз, Тобол, Тохтар, Тулеевский, Тянь–Шаньский, Удача, Улан, Уладар, Утенок, Чародей, Шагалалы, Шортандинский, Явар; гибриды – А₃360, А₃401, №5, №7, 8ж, 13ж, №57, №75, №99, 95-29-1, 95-3-1, 133-02, №136, №267, №275, №281, №288, CIP-2, CIP-5, CIP6, CIP7, CIP8, CIP9, CIP11, CIP12, CIP13, 0-98-3, 2-02-13, 2-99-2, 3-01-5, 3-99-5, 5-98-3, 6-02-15, 6-98-3, 7-02-12, 7-94-0, 7-98-2, 7-98-12, 8-02-5, 8-04-9, 8-98-5, 9-86-2, 10-01-4, 10-02-02, 10-86-2, 27-9-9, 99-9-1.; гибриды - 0-98-3, 2-02-13, 2-99-2, 3-01-5, 3-99-5, 5-98-3, 6-02-15, 6-98-3, 7-02-12, 7-94-0, 7-98-2, 7-98-12, 8-02-5, 8-04-9, 8-98-5, 9-86-2, 10-01-4, 10-02-02, 10-86-2, 27-9-9, 99-9-1. В качестве исходного материала по комплексу хозяйственно-ценных признаков в селекции картофеля рекомендуется использовать: сорта - Акколь, Аксор, Алатау, Alwara, Арал, Арника, Архидея, Астана, Аул, Балобай, Барон, Барс, Berber, Беркут, Бирлик, Бриз, Валентина, Valisa, Виза, Victoria, Голубизна, Гранит, Дельфин, Дина, Дуняша, Донцовский, Елена, Estrella, Жанайсан, Жолбарыс, Жуалы, Журавника, Impala, Innovator, Ирбитский, Камераз, Каменский, Карасайский, Cosmos, Кузнечанка, Ладожский, Лазер, Ласунок, Latona, Лилея, Любава, Максим, Мария, Мошняковский, Накра, Нартау, Наяда, Никитка, Нур-Алем, Нэрли, Отрада, Picasso, Памяти Боброва, Raia, Red star, Rikea, Rosara, Roka, Росинка, Русский сувенир, Sante, Скарб, София, Союз, Спиридон, Стрелец, Тамыр, Текес, Тениз, Тобол, Тохтар, Тулеевский, Тянь–Шаньский, Удача, Улан, Уладар, Утенок, Чародей, Шагалалы, Шортандинский, Явар; гибриды – А₃360, А₃401, №5, №7, 8ж, 13ж, №57, №75, №99, 95-29-1, 95-3-1, 133-02, №136, №267, №275, №281, №288, CIP-2, CIP-5, CIP6, CIP7, CIP8, CIP9, CIP11, CIP12, CIP13, 0-98-3, 2-02-13, 2-99-2, 3-01-5, 3-99-5, 5-98-3, 6-02-15, 6-98-3, 7-02-12, 7-94-0, 7-98-2, 7-98-12, 8-02-5, 8-04-9, 8-98-5, 9-86-2, 10-01-4, 10-02-02, 10-86-2, 27-9-9, 99-9-1.

В 2007–2011гг. количество образцов генофонда картофеля, использованных в селекционной работе в Казахстане, резко возросло и составило 146 образцов, в том числе: 105 сортов, 5 диплоидов диких и культурных видов, 36 межвидовых гибридов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате всесторонней оценки генофонда Республики Казахстана, насчитывающем 1500 образцов картофеля мировой коллекции, в течение 5 лет (2007–2011гг.) были сформированы признаковые коллекции для селекции по полевой устойчивости к вирусным болезням и макроспориозу, продуктивности и пригодности к переработке. Отобран исходный материал по комплексу хозяйственно-ценных признаков. За этот период количество образцов генофонда картофеля, использованных в селекционной работе в Казахстане, резко возросло и составило 146 образцов, в том числе: 105 сортов, 5 диплоидов диких и культурных видов, 36 межвидовых гибридов.

Литература

1. Симакова, Е.А. Методические указания по технологии селекционного процесса картофеля./ Симакова Е.А., Склярова Н.П., Яшина И.М.// ВНИИКХ. М., 2006. 38 с.
2. Шинкарев, В.И. Методические указания по изучению технологических свойств картофеля.// ВИР. Л., 1988. 133 с.
3. Киру, С.Д. Методические указания по поддержанию и изучению мировой коллекции картофеля./ Киру С.Д., и др. // ВИР. С.–П., 2010. 27 с.
4. Банадысев, С.А. Методические рекомендации по специализированной оценке сортов картофеля. / Банадысев С.А. и др. // Научно-практический центр НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству. Мн., 2003. 70 с.
5. Валовик, А.С. и др. Защита картофеля от болезней, вредителей и сорняков. / Валовик А.С. и др. М.: Агропромиздат, – 1980. – С. 149–152, 195–196. 6.Халеева З.Н. Парша картофеля, – Л.: Лениздат, – 1963. – С. 5–8.
- 7.Мацков, Ф.Ф. Новый скорый метод распознавания живых, мертвых и поврежденных тканей зеленого растения, //Сборник докладов АН СССР. М. 1936. Т. 1, С. 107–110.
- 8.Кушниренко, М.Д. Физиология водообмена и засухоустойчивости плодовых деревьев. Кишинев, 1975. С. 7-9.
9. Зубкус, О.П. К вопросу выбора критериев оценке сортов яровой пшеницы на жароустойчивость. // В кн. : Физиология адаптации растений к температурным условиям среды. Л., 1976. С. 17–170.
10. Мошняков, Н.А. Засухо- и жаростойкость сортов картофеля в условиях Алматинской области. / Мошняков Н.А., Ившин Е.И., Красавин В.Ф. // Сборник научн. тр. КНИИКОХ по картофелеводству, овощеводству и бахчеводству в Казахстане. Кайнар, 1997. С. 24-32. 20.
11. Красавин, В.Ф. Селекция картофеля на юго-востоке Казахстана – Алматы, 2009. – С. 95–99.
12. Иванов, Н.Н. Методы физиологии и биохимии растений. М.–Л., 1923. С. 3–18.
13. Альтерготт, В.Ф. Действие повышенных температур на растения, // Известия АН СССР (серия биологическая). М., 1963, № 1. С. 57–73.
14. Генкель, П.А. О новом лабораторном способе диагностика жаро- и засухоустойчивости для селекции. / Генкель П.А. и др. //В кн. : Физиология растений. М., 1979. Т.17, №2. С. 431–435.
15. Новиков, Ф.А. Поведение различных видов и форм картофеля в засушливых условиях, // Вестник с.-х. науки. 1940. № 4. С. 11–18.
16. Удовенко, Г. В. Характер защитно-приспособительных реакций и причин разной устойчивости растений к экстремальным воздействиям. // Тр. по прикл. ботанике, генетике и селекции. 1973. Т. 49, № 3. С. 258–268.
17. Рейфман, В. Г. Природа ржавости картофеля, – М.: изд. АН СССР, – 1960. – С. 190.
18. Доспехов, Б. А. – Методика полевого опыта, – М.: Колос, – 1979, – С. 179–372.
19. Вольф, В. Г. Статистическая обработка опытных данных. – М.: Колос, – 1996, – С. 124–162.

STUDY COLLECTION OF THE POTATOES FOR MAIN ECONOMIC AND SECURITIES SIGNS IN THE SOUTH-EAST OF KAZAKHSTAN

KRASAVIN V.F., MOSHNYAKOV A.N., SHARIPOVA D.S., KOIBAGAROV Y.S., KRASAVINA V.K.

SUMMARY

Research on the 1500 potato samples worldwide collection was carried out in 2007–2011 in the Almaty region of Kazakhstan in two soil-climatic regions (Piedmont, subject to strong degeneration of the potatoes) and mining (favorable for the cultivation of potatoes). As a result of a comprehensive evaluation of the gene pool of the Republic Kazakhstan was formed indicative of the collection for selection for field resistance to viral diseases and macrosporiosis, efficiency and recyclability. Selected source material on a range of agronomic traits.

Key words: potatoes, selection, biology, genetics, process.

Поступил в редакцию 30.04.2013 г.

УДК 635.21:631.527

ПЕРСПЕКТИВНОСТЬ ИСХОДНОГО СЕЛЕКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА КАРТОФЕЛЯ С УЧАСТИЕМ МЕКСИКАНСКИХ ДИКИХ ВИДОВ ПО ПРОДУКТИВНОСТИ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКОЙ СЕЛЕКЦИИ

Подгаецкий А.А., Кравченко Н.В., Крючко Л.В.

Сумской национальный аграрный университет, Украина

E-mail: podgaje@mail.ru

РЕЗЮМЕ

Представлены результаты исследования по изучению перспективности межвидовых гибридов картофеля, их беккроссов в качестве исходного селекционного материала по продуктивности. Доказана ценность некоторых исследованных форм не только относительно высокого проявления основного признака, но и стабильности его выражения. Выделены высокопродуктивные гибриды, имеющие и другие агрономически- ценные признаки, которые рекомендованы для практического селекционного использования. Проведен анализ сортов, полученных в результате непосредственного скрещивания с межвидовыми гибридами, их беккроссами.

Ключевые слова: картофель, продуктивность, межвидовые гибриды, беккроссы, агрономические признаки, сорта – межвидовые гибриды, коэффициент вариации.

ВВЕДЕНИЕ

Несмотря на то, что межвидовая гибридизация заняла лидирующее положение в селекционной практике картофеля, существует множество причин, которые не позволяют полной мерой реализовать генетический потенциал исходного селекционного материала при создании сортов культуры.

Во-первых, наверное, еще длительное время при создании исходного селекционного материала будет использована лишь небольшая часть видов из огромного их разнообразия [1,2]. Причин этому несколько. Не так уж много учреждений в мире занимаются созданием исходного селекционного материала, поэтому существуют трудности вовлечения множества видов в исследования. Наличие барьеров межвидовой нескрещиваемости [3] осложняет получение гибридов между филогенетически отдаленными видами, а если такие гибриды и создаются, то нередко случаи потери их в первые годы после получения [4]. Во-вторых, обязательным условием для вовлечения межвидовых гибридов в

практическую селекцию является необходимость их беккроссирования [5], поскольку длительное время среди потомства с их участием проявляются дикарские признаки. В тоже время, гены контроля, из-за которых виды вовлекаются в практическую селекцию, с каждым последующим скрещиванием все больше рассеиваются [6]. В-третьих, как справедливо отмечал С. М. Букасов, для выделения селекционно-ценной формы при межсортовых скрещиваниях необходимо 10 000 семян, а в результате межвидовых – 100 000 [7].

Несмотря на изложенное, в последнее время селекция картофеля полностью перешла на использование межвидовой гибридизации. Кроме интрогрессии ценных генов контроля признаков, которые отсутствуют у сортов внутривидового происхождения, ценность межвидовой гибридизации в расширении генетической основы сортов, созданных с применением этого метода. Повышение урожайности, проявления других агрономических признаков среди сортов межвидового происхождения большой степенью обусловлено гетерозиготностью исходного материала, созданного с участием нескольких или многих видов картофеля.

Вместе с тем, требования к исходному селекционному материалу в последнее время возрастают. Поэтому селекционерами используются в качестве родительских форм лишь такие межвидовые гибриды, которые изучены с позиции потенциалов проявления признаков, а также после их генетической проработки.

Исходя из изложенного, целью нашей работы было: установить проявление продуктивности и других основных агрономических признаков среди межвидовых гибридов, созданных с участием мексиканских диких видов картофеля, и их потомства, а также проанализировать происхождение беккроссов, вовлеченных в селекционную практику.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Исходным материалом в исследовании использованы многовидовые гибриды, полученные с участием мексиканских диких видов картофеля, их беккроссы. Вторичными межвидовыми гибридами [8] были: $[(S. \textit{acaule} \times S. \textit{bulbocastanum}) \times S. \textit{phureja}] \times S. \textit{demissum}] \times S. \textit{andigenum}] \times S. \textit{tuberosum}$ – шестивидовые, $[(S. \textit{acaule} \times S. \textit{bulbocastanum}) \times S. \textit{phureja}] \times S. \textit{demissum}] \times S. \textit{tuberosum}$ – пятивидовые, $\{(S. \textit{demissum} \times S. \textit{bulbocastanum}) \times S. \textit{andigenum}\} \times S. \textit{tuberosum}$ – четырехвидовые, $(S. \textit{demissum} \times S. \textit{bulbocastanum}) \times S. \textit{tuberosum}$ – трехвидовые. На этапе их создания использовали методы гибридизации и самоопыления. При последующем применении этих гибридов для создания исходного селекционного материала в основном использовали беккроссирование и в меньшей мере самоопыление и скрещивание гибридов между собой.

Наблюдения и учеты проводили в соответствии с методиками, принятыми в картофелеводстве [9].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Одним из основных агрономических показателей характеристики исходного селекционного материала, сортов является продуктивность. Она в свою очередь предопределяется количеством клубней в гнезде (всех и товарных), а также средней массой клубня (одного и товарного). Изложенное свидетельствует о влиянии многих факторов на проявление признака: как генетических, так и связанных с изменениями составляющих внешние условия.

Результаты исследования свидетельствуют, что как среди межвидовых гибридов, их беккроссов, так и сортов-стандартов фенотипическое проявление продуктивности во многом зависело от внешних, считаем, главным образом, метеорологических условий (таблица 1). Наиболее благоприятным годом для реализации генетического потенциала признака среди исследуемого материала оказался 2009 год. Модальным классом был с выражением признака больше 900 г/растение. Сюда же отнесены оба стандарта, у которых отмечена очень высокая продуктивность. Несмотря на это, 18 беккроссов характеризовались более высоким проявлением признака, чем лучший по показателю сорт-стандарт Тетерев.

Таблица 1 – Распределение многовидовых гибридов, их беккроссов и сортов-стандартов по продуктивности

Материал	Оцене- но, шт.	Распределение (%) по классам, г/растение				
		300,0 и <	300,1- 500,0	500,1- 700,0	700,1- 900,0	> 900,0
2009 год						
Гибриды, их беккроссы	364	3,9	10,7	24,5	28,8	32,1
Сорта-стандарты						
Явир		-	-	-	-	1100
Тетерев		-	-	-	-	1308
2010 год						
Гибриды, их беккроссы	383	37,6	42,1	14,6	3,9	1,8
Сорта-стандарты						
Явир		-	-	575	-	-
Тетерев		-	-	629	-	-
2011 год						
Гибриды, их беккроссы	359	24,5	51,5	14,8	4,5	4,7
Сорта-стандарты						
Явир		-	-	586	-	-
Тетерев		-	483	-	-	-

Противоположное изложенному имело место в последующие годы. Модальным классом проявления признака в 2010 году был со значением показателя 300,1–500,0 г/растение. Сорта-стандарты отнесены к следующему классу. Считаем, положительным для характеристики межвидовых гибридов, их беккроссов является меньшая зависимость проявления продуктивности от влияния внешних условий, чем у сортов-стандартов. Количество гибридов, превышающих выражение признака у лучшего из стандартов – сорта Тетерев составило 123 шт., или 32,1%.

Неблагоприятный для роста и развития картофеля по внешним условиям был также 2011 год, что обусловило преобладающее количество гибридов с продуктивностью 300,1–500,0 г/растение. К этому классу также отнесен сорт-стандарт Тетерев. Для другого стандарта – сорта Явир условия года были более благоприятными, поэтому его продуктивность находилась на уровне предыдущего года. Считаем, меньшая реакция на неблагоприятные внешние условия межвидовых гибридов, по сравнению с сортами, обусловила выделение 55 исследуемых форм (15,3% от общего количества испытываемых) с более высоким выражением признака, чем у лучшего стандарта – сорта Явир.

Изложенное позволяет заключить о высоком потенциале межвидовых гибридов по фенотипическому проявлению продуктивности. К тому же, у них, по сравнению с сортами-стандартами, отмечена меньшая зависимость от влияния неблагоприятных внешних условий.

Данные о некоторых межвидовых гибридах, их беккроссах, которые имели более высокую продуктивность, чем стандарты представлены в таблице 2. Анализ проявления признака позволил заключить, что подавляющее большинство гибридов (78,9%) имели более высокую продуктивность в 2009 году. Только к трем (15,8% от выделенных) это относилось в 2010 году и лишь одному (5,3%) – в последующем.

Ценной характеристикой многих межвидовых гибридов являлось более стабильное проявление признака по годам. Например, значение коэффициента вариации продуктивности в 10 беккроссов, среди выделенных, было меньшим, чем у сорта-стандарта Явир, что составило 52,6%. Особенно отличался в этом отношении беккросс 89,715с88, у которого значение коэффициента вариации составило всего 8% или в 4,3 раза меньше, по сравнению со стандартом Явир.

В среднем за три года у четырех беккроссов продуктивность была близкая к 1000 г/растение, причем за исключением гибрида 90.35с297, у других величина коэффициента вариации показателя была ниже, чем у стандартов.

Результаты анализа происхождения выделенных гибридов свидетельствуют о ценности двух комбинаций, в которых по два беккросса характеризовались высокой продуктивностью. Это популяции 90,35 и 04,108. Считаем, среди их потомства наблюдается гетерозис относительно контроля признака.

РАЗДЕЛ 2. ИСХОДНЫЙ МАТЕРИАЛ

Таблица 2 – Продуктивность (г/растение) лучших за проявлением показателя межвидовых гибридов, их беккроссов

Номер гибрида	Происхождение	Год			Среднее взвеш.	V, %
		2009	2010	2011		
81.386с97	77.277/3 х П55/102	1725	630	386	757	80
85.368с17	81.1686с8 х Гитте	1250	667	417	762	46
87.791с4	81.765с12 х Гитте	1157	756	550	889	29
89.24с57	83.10/107 х 83.47ф7	1586	525	475	900	57
89.715с88	85.1591с7 х Либелла	1017	967	850	971	8
90.35с297	83.47с65 х Гранола	1543	830	500	982	44
90.35с394	То же	1013	650	933	859	18
90.691/1	85.368с17 х Гитте	1100	489	760	787	32
90.673/77	85.568с9 х Гитте	1086	1140	700	988	20
91.765/15	85.568с9 х Воловецкий	1150	1030	400	909	37
00.95/100	94.922/6 х Воловецкий	1313	571	750	890	36
01.35Г64	90.35с131 х Полесский розовый	1343	478	667	805	46
01.37Г43	91.318-6 х Невский	800	1450	733	900	37
01.40Г4	89.721с95 х Полесский розовый	767	900	467	738	25
03.35с55	85.299с4 Свитанок киевский	1214	600	400	873	26
04.108/26	89.24с34 х Деликат	1025	630	1133	852	27
04.108/49	То же	1343	800	800	1038	25
04.116/104	89.721с81 х Сатина	1200	589	660	827	33
04.119/126	90.673/49 х Сатина	1475	571	443	860	54
Сорта-стандарты						
Явир		1100	575	586	720	34
Тетерев		1308	629	483	837	43

У нескольких комбинаций компонентами скрещивания использованы одинаковые гибриды. Это относится к беккроссам 90.673/77 и 91.765/15, у которых материнской формой был гибрид 85.568с9. Кроме этого, на предыдущих этапах скрещивания этот гибрид использован при получении высокопродуктивных беккроссов 00.95/100 и 04.119/126. Таким образом, гибрид 85.568с9 присутствует в происхождении четырех беккроссов из 19, что составило 21% от выделенных. Это позволяет утверждать о высоком его генетическом потенциале относительно проявления признака среди потомства с его участием.

Аналогичное относилось к беккроссу 83.47с65, с участием которого и сорта Гранола получены высокопродуктивные гибриды 90.35с297 и 90.35с394. Сеянец 90.35с131 также имеет одинаковое происхождение с предыдущими. Он использован для скрещивания на предварительном этапе получения беккросса 01.35Г64. Отобранный от самоопыления сеянец 83.47ф7 присутствует в родословной гибридов 04.108/26 и 04.108/49.

Таким образом, с использованием потомства комбинации 83.47 удалось выделить пять высокопродуктивных форм или 26,3% от их общего количества. Считаем, это позволяет утверждать об эффективном генетическом контроле продуктивности сеянцев комбинации 83.47.

Проведен анализ происхождения выделенных гибридов в отношении методов, применяемых при их получении. Установлено, что использование самоопыления на разных этапах создания высокопродуктивных беккроссов отмечено среди четырех гибридов (21,1% от их общего количества), скрещивания гибридов между собой – шести форм (31,6%) и только метода беккроссирования – восемь гибридов (42,1%). Одна высокопродуктивная форма (81.386с97) получена только в результате скрещивания межвидовых гибридов.

Очень часто при получении выделенного материала использованы по два метода из перечисленных. Учитывая степень беккроссирования, представленные в таблице формы можно разделить на однократные беккроссы – четыре гибрида, двухкратные – 10, трехкратные – 4 и четырехкратные – 1.

В целом, при использовании только метода беккроссирования выделены 47% гибридов с высокой продуктивностью, в дополнение к нему самоопыления – 37%, а скрещивания гибридов между собой – 16%.

Полученные данные свидетельствуют о возможности выделения беккроссов с высоким проявлением отдельных агрономических признаков, сочетания нескольких из них или их комплекса (таблица 3). Все гибриды, представленные в таблице, превышали по продуктивности сорт-стандарт Явир, а 15 из них (79%) другой стандарт – сорт Тетерев.

Лишь два гибрида (89.24с57 и 01.35Г64) характеризовались меньшей товарностью урожая, чем сорта-стандарты. У трех гибридов проявление признака составило 95% и больше, что нечасто встречается среди сортов, а в девяти беккроссов выражение показателя было 90–94%.

Хотя ни один из гибридов не превысил стандарт – сорт Тетерев по количеству всех клубней в гнезде, у многих проявление признака было очень высоким – более 16 шт. Только у четырех гибридов среднее количество клубней на растение было меньшим, чем у стандарта – сорта Явир.

Еще в большей мере изложенное относится к количеству товарных клубней. Выражение показателя выше, чем у обоих стандартов имели 13 гибридов или 68% от выделенных. Ни один из гибридов не характеризовался более низким проявлением признака, чем сорт Явир.

Многokлубневость сорта-стандарта Тетерев обусловила относительно небольшую среднюю массу одного клубня. Только один гибрид – 90.391/1 имел ниже выражение показателя. В тоже время, 10 гибридов превышали проявление признака в сорта Явир, что составило 53%.

Несколько иное наблюдалось относительно средней массы товарного клубня. У девяти гибридов имело место меньшее выражение показателя, чем у сорта Тетерев. Однако, выделены шесть гибридов (32%), имеющих одинаковое или выше проявление признака, чем у сорта-стандарта Явир.

То есть, большинство гибридов, из представленных в таблице 3, характеризовались высокими продуктивностью и товарностью урожая. Во многих выявлено большое количество товарных клубней в среднем на растение и относительно высокая средняя масса одного клубня.

Таблица 3 – Характеристика высокопродуктивных межвидовых гибридов по другим хозяйственно-ценным признакам (среднее за 2009 – 2011 гг.)

Номер гибрида	Происхождение	Продуктивность, г/растение	Товарность, %	Количество клубней, шт./гнездо		Масса клубней, г	
				всех	товарных	одного	товарного
81.386с97	77.277/3 / П55/102	757	91	9,8	6,8	78	102
85.368с17	81.168с8 / Гитте	762	89	14,4	8,6	53	78
87.791с4	81.765с12 / Гитте	889	86	15,4	9,3	58	83
89.24с57	83.10/107 / 83.47ф7	900	82	17,2	9,6	52	77
89.715с88	85.1591с7 / Либелла	971	94	9,1	6,4	107	144
90.35с297	83.47с65 / Гранола	982	86	16,0	9,0	61	93
90.35с394	То же	859	87	17,1	9,1	50	82
90.691/1	85.368с17 / Гитте	787	89	26,6	14,6	43	70
90.673/77	85.568с9 / Гитте	988	93	9,5	6,5	104	141
91.765/15	85.568с9 / Воловецкий	909	86	16,6	9,7	55	80
00.95/100	94.922/6 / Воловецкий	890	97	9,2	8,0	98	110
01.35Г64	90.35с131 / Полесский розовый	805	82	12,2	9,4	66	70
01.37Г43	91.318-6 / Невский	900	90	11,5	8,2	78	98
01.40Г4	89.721с95 / Полесский розовый	738	87	14,8	10,5	50	62
03.35с55	85.299с4 / Свитанок киевский	873	96	8,7	7,1	101	119
04.108/26	89.24с34 / Деликат	852	88	12,3	7,9	69	95
04.108/49	То же	1038	92	12,8	8,3	81	114
04.116/104	89.721с81 / Сатина	827	91	10,9	6,7	76	112
04.119/126	90.673/49 / Сатина	860	95	8,5	6,5	101	126
Явир	Сорт-стандарт	720	85	10,4	5,5	69	112
Тетерев	То же	837	85	18,5	7,6	45	94

По комплексу показателей выделены гибриды, которые за фенотипическим проявлению основных признаков могут быть ценными для практической селекции. Это такие беккроссы: 89.715с88, 90.673/77, 00.95/100, 01.37Г43, 03.35с55, 04.108/49 и 04.119/126.

Созданные нами межвидовые гибриды непосредственно использовались в практической селекции. С их участием за относительно непродолжительное время получено ряд сортов. Некоторые из них занесены в Реестр сортов, пригодных к распространению в Украине (таблица 4).

Несмотря на то, что большинство диких и культурных видов, вовлеченных в создание представленного исходного селекционного материала, имеют продолжительный период вегетации и большинство межвидовых гибридов, их беккроссов характеризуются аналогичным, полученные с их участием сорта отнесены к разным группам спелости. Как свидетельствуют представленные данные, треть сортов ранние, что позволяет утверждать о возможности создания ранних сортов при использовании беккроссов межвидовых гибридов. К тому же, на последнем этапе гибридизации при получении сортов Днепрянка, Щедрик использованы среднеспелые сорта Санте и Багряна, а сорта Подолянка – ранний сорт Аусония.

Относительно методов создания межвидовых гибридов, использованных при создании новых сортов, чаще всего (у шести сортов из девяти) применялось беккроссирование, у сорта Свиточ – самоопыление на первых этапах, а сорта Палитра – самоопыление на первых этапах и последнем и только в происхождении одного сорта Завия использовано скрещивание двух межвидовых гибридов.

По количеству вовлеченных в гибридизацию видов большинство сортов являются шестивидовыми гибридами (шесть из девяти), два получены с тремя видами (сорта Околыця и Анатан) и один (сорт Свиточ) с участием четырех видов.

Установлена значительная ценность отдельных гибридов как компонентов скрещивания при создании сортов, представленных в таблице 4. Например, сорт Околыця (B^3 трехвидового гибрида) получен от скрещивания на последнем этапе беккросса 90.817с4 и сорта Воловецкий. В результате скрещивания другого сеянца этой же комбинации с сортом Гитте получен беккросс 94.922/6, который использован материнской формой в популяции, где выделен сорт Анатан. Таким образом, сорта Околыця и Анатан различаются лишь степенью беккроссирования.

Аналогичное относится к межвидовому гибриду 81.459с15. С его использованием на определенных этапах получены сорта Подолянка и Завия. Другой межвидовой гибрид – 81.386с103 также присутствует в происхождении сортов Днепрянка и Щедрик.

Особо следует отметить – два сорта Щедрик и Базис выделены из одной комбинации. Считаю, изложенное выше свидетельствует о высокой

Таблица 4 – Сорта, созданные при непосредственном использовании межвидовых гибридов

Название	Группа спелости	Происхождение сорта	Метод получения и сложность гибрида	Год внесения в Реестр
Селекция Института картофелеводства				
Днипрянка	Ранний	Санте x 85.314с27	B^2 шестивидового гибрида	2001
Подольянка	Ранний	Аусония x 88.1439с6	$F_2 B^1$ шестивидового гибрида	2006
Палитра	Среднеспелый	88.1450с2 x Франзи	F_2 от самоопыления шестивидового гибрида	Испытывался
Щедрик	Ранний	85.291с12 x Багряна	B^2 шестивидового гибрида	2011
Базис	Среднеспелый	То же	То же	Испытывался
Свиточ	Среднепоздний	90.691/38 x Беллароза	$B^3 F_2$ четырехвидового гибрида	Испытывался
Околыця	Среднеспелый	90.817с4 x Беллароза	B^3 трехвидового гибрида	2011
Селекции Полесской опытной станции				
Завия	Среднеранний	89.721с81 x Пост 86	B^2 от скрещивания двух шестивидовых гибридов	2008
Селекции Сумского национального аграрного университета				
Анатан	Среднеспелый	94.922/6 x Воловецкий	B^4 трехвидового гибрида	В испытании

ценности гибридов 90.817с4 (аналогичный 90.674с5), 81.459с15 и 81.368с103 для получения высокопродуктивного потомства.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Доказана перспективность сложных межвидовых гибридов с участием мексиканских видов картофеля, их беккроссов относительно выделения высокопродуктивных форм. Количество гибридов, превышающих проявление признака в сортов-стандартов, по годам разное и зависит от внешних условий.

Установлено, что лучшие метеорологические условия для проявления продуктивности были в 2009 году, что подтверждается максимальной продуктивностью большинства гибридов именно в этом году.

Выделены многие гибриды, которые в среднем за три года имели более высокую продуктивность, чем сорт-стандарт Явир. Многие из беккроссов характеризовались более низким (до 4,3 раза) значением коэффициента вариации признака.

Кроме высокой продуктивности межвидовые гибриды превышали лучший из сортов-стандартов сорт Тетерев по товарности урожая, количеству товарных клубней, средней массе одного клубня или товарного как в отдельности, так и в комплексе.

На основании анализа происхождения созданного материала, а также генеалогии сортов, полученных от непосредственного скрещивания с беккроссами, выделены исходные формы ценные в селекции на продуктивность.

Литература

1. Букасов, С.М. Принципы систематики картофеля / С.М.Букасов // Тр. по прикладной ботанике, генетике и селекции.- Л.,1978.- Т.62.-Вып. 1.- С.3-35.
2. Горбатенко, Л.Е. Южноамериканские виды картофеля (секция *Petota* Dumort. рода *Solanum* L.) и их интродукция в СССР: Автореф. Дис. д-ра биол. наук: 03.00.05, 06.01.05 / Л.Е.Горбатенко; ВИР им Н.И.Вавилова.- Л., 1989.- 37с.
3. Подгаецкий, А.А. Межвидовая несовместимость картофеля. Методы и способы ее преодоления (Методические рекомендации) / А.А.Подгаецкий // К.: УААН, ИКХ, 1993. – 99 с.
4. Подгаецкий, А.А. Генофонд картоплі, його складові, характеристика і стратегія використання / А.А.Подгаецкий // Картопля. К., 2002.- Т.1.- С. 156-198.
5. Будин, К.З. Генетические основы селекции картофеля / К.З. Будин.- Л.: Агропромиздат, 1986. – 192 с.

5. Пушкарев, И.И. Селекция картофеля на устойчивость к фитофторе / И.И.Пушкарев.- К.: Госсельхозиздат УССР, 1962.- 115 с.
6. Букасов, С.М. Революция в селекции картофеля / С.М. Букасов.- Л., 1933.- 42 с.
7. Подгаєцький, А.А. Характеристика генетичних ресурсів картоплі та їх практичне використання / А.А.Подгаєцький // Генетичні ресурси рослин. – 2004.- Вип. 1.- С.103-110.
8. Методичні рекомендації щодо проведення досліджень з картоплею. – Немішаєве, 2002.- 183 с.

PROSPECTS OF SOURCE MATERIAL SELECTION OF POTATOES WITH THE PARTICIPATION OF MEXICAN WILD SPECIES OF PRODUCTIVITY

PODGAJETSKIY A.A., KRAVCHENKO N.V., KRYUCHKO L.V.

SUMMARY

The results of a study on the prospects of potato interspecific hybrids and their backcrosses as a source of breeding material for production. Proved the value of the studied forms not only the relatively high expression of the essential feature, but the stability of its expression. Identified high-yielding hybrids with other agronomically valuable traits that are recommended for the practical use of a selection. The analysis of the grades obtained by the direct crossing from interspecific hybrids and their backcross.

Key words: potato, productivity, interspecific hybrids, backcrossing, agronomic traits, varieties – interspecific hybrids, the coefficient of variation.

Поступила в редакцію 30.04.2013 г.

УДК 635.21:631.527

ФЕНОТИПИЧЕСКОЕ ПРОЯВЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ КРАХМАЛА СРЕДИ СЛОЖНЫХ МЕЖВИДОВЫХ ГИБРИДОВ КАРТОФЕЛЯ И ИХ ПОТОМСТВА

Подгаецкий А.А., Горбась С.Н.

Сумской национальный аграрный университет, Украина

E-mail: podgaje@mail.ru

РЕЗЮМЕ

Оценен потенциал сложных межвидовых гибридов картофеля по содержанию крахмала. Установлено влияние на проявление признака внешних условий в годы проведения исследования, различие реакции испытываемого материала и сортов-стандартов на комплекс факторов среды. Выделены гибриды с высоким содержанием крахмала в клубнях в течение трех лет. Значительная часть из них характеризовалась меньшим, чем у сортов, коэффициентом вариации признака. Получены комбинации с высоким потенциалом для отбора крахмалистых форм. В каждой популяции возможен отбор гибридов с более высоким проявлением признака, чем у лучшей родительской формы, а также (за исключением комбинации №34 в 2010 году) потомства с содержанием крахмала более 20%.

Ключевые слова: картофель, межвидовые гибриды, беккроссы, содержание крахмала, первое и второе клубневые поколения, коэффициент вариации.

ВВЕДЕНИЕ

Особенность картофеля – большое содержание в клубнях воды. Максимальное количество сухих веществ только в некоторых сортах может достигать больше третьей части их массы [1]. Уникальными по содержанию сухих веществ являются сорта украинской селекции: Зарево, Витязь, Воловецкий и некоторые другие.

Основная составляющая сухих веществ – крахмал. Его содержание находится в пределах 70–80% [1], однако значительно изменяется от биологических особенностей сортов, условий выращивания.

Несмотря на большое содержание в клубнях воды, по производству энергии картофель среди других сельскохозяйственных культур делит первое место с бататом [2], что позволяет считать картофель очень ценной энергетической культурой. Последнее имеет особенно большое значение в последнее время, когда испытывается недостаток энергетического сырья.

Кроме этого, крахмал картофеля – ценное сырье для перерабатывающей промышленности. С одной тонны клубней с содержанием крахмала 17% можно получить 170 кг крахмала или 80 кг глюкозы, 65 кг гидролу, 170 кг патоки, 160 кг декстрина, 110 л спирта [3]. Важным также является содержание крахмала при изготовлении чипсов. Экономически целесообразным является использования для их производства сорта, имеющие его содержание на уровне 17%, а сухих веществ – около 25% [4].

Изложенное свидетельствует о необходимости создания сортов с высоким содержанием крахмала. Однако, для решения проблемы имеются ряд трудностей, обусловленных особенностями вида *S. tuberosum* L., а также специфичностью генетического контроля признака. *Subsp. Chilotanum*, от которого произошли большинство европейских сортов, не свойственно высокое содержание крахмала [5], поэтому для его повышения в клубнях в селекционную практику вовлекаются сородичи культурных сортов. Наиболее широко используют для этих целей виды *S. andigenum* Juz. et Buk. [6], *S. chacoense* Bitt. [7], *S. demissum* Lindl. [8] и некоторые другие.

Среди ученых-картофелеводов отсутствует единое мнение о наследуемости содержания крахмала среди потомства. Большинство считает, что признак контролируется неаллельными доминантными генами. Однако, некоторыми учеными установлено влияние на наследование содержания крахмала рецессивных генов [9]. Будин К.З. считает, что контроль признака осуществляется неаллельными, преимущественно, доминантными генами [10]. Полученные экспериментальные данные позволили заключить о промежуточном характере наследования признака [11], однако в зависимости от его проявления в родительских форм может наблюдаться как промежуточное наследование (в большинстве комбинаций), так и доминирование, депрессия или свехдоминирование [12].

Существуют несколько причин, обуславливающих сложность выделения высококрахмалистых форм. Во-первых, многочисленными исследователями установлена очень большая изменчивость в проявлении признака среди потомства. Например, в комбинации Олимпия х Меркур лимиты составляли 11 – 16%, а Фальке х Хохпроцентиге 18–26% [13]. Еще выше степень варьирования признака установлена среди потомства от самоопыления. При этом, следует учитывать, что практической ценностью будут характеризоваться гибриды, которым кроме высокого содержания крахмала свойственный комплекс других агрономических признаков. То есть, сочетание их с высоким содержанием крахмала усложняется.

Во-вторых, повышение проявления признака возможно в процессе реализации трансгрессии. Однако, успех в этом отношении зависит от подбора родительских форм, в том числе от их комбинационной способности по признаку [14].

В-третьих, между высокой крахмалистостью и урожайностью наблюдается отрицательная корреляция [15], или, в крайнем случае, она вообще отсутствует [16]. Для практики очень важно сочетание, прежде всего, этих признаков, что можно достичь удачным подбором родительских форм.

В-четвертых, при использовании внутривидовых скрещиваний удастся повысить содержание крахмала только до определенной величины (23%) [14]. В дальнейшем для улучшения проявления признака среди селекционного материала необходимо вовлечение в скрещивания сородичей культурных сортов [17].

Исходя из изложенного, целью работы было: определить потенциал межвидовых гибридов, их беккроссов с участием мексиканских диких видов картофеля по содержанию крахмала в клубнях, проанализировать проявление признака среди потомства от скрещивания гибридов между собой.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Исходным материалом в исследовании использованы межвидовые гибриды картофеля, полученные с участием мексиканских диких видов, в частности *S. bulbocastanum* Dun., а также видов-посредников, что позволило получить вторичные межвидовые гибриды [18]: $[(S. acaule \times S. bulbocastanum) \times S. phureja] \times S. demissum$ / $\times S. andigenum$ / $\times S. tuberosum$ – шестивидовые, $[(S. acaule \times S. bulbocastanum) \times S. phureja] \times S. demissum$ $\times S. tuberosum$ – пятивидовые, $(S. demissum \times S. bulbocastanum) \times S. andigenum$ $\times S. tuberosum$ – четырехвидовые, $(S. demissum \times S. bulbocastanum) \times S. tuberosum$ – трехвидовые. Исходный предселекционный и исходный селекционный материал получали беккроссированием вторичных межвидовых гибридов, выделением ценных форм среди потомства от самоопыления, скрещивания гибридов между собой.

Содержание крахмала в клубнях, учеты, наблюдения осуществляли согласно методик, принятых в картофелеводстве [19].

Учитывая, что большинство гибридов отнесены к среднепоздним, реже среднеспелым, сортами-стандартами использованы сорта Луговской (среднеспелый) и Тетерев (среднепоздний).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Полученные данные (таблица 1) позволяют утверждать о неоднородности распределения оцененного материала по содержанию крахмала в годы выполнения эксперимента. Несмотря на то, что модальным классом в каждом из них был 12,0% и менее, часть материала, отнесенная к этому классу, неодинакова. Особенно это касалось 2010 г., неблагоприятные метеорологические условия которого не позволили

РАЗДЕЛ 2. ИСХОДНЫЙ МАТЕРИАЛ

реализовать гибридам, их беккроссам и сортам – стандартам свой генетический потенциал по содержанию крахмала.

Таблица 1 – Распределение межвидовых гибридов, их беккроссов по содержанию крахмала

Материал	Оцене-но, шт.	Среди них с крахмалистостью, %							
		12,0 и <	12,1-14,0	14,1 - 16,0	16,1 – 18,0	18,1 – 20,0	20,1 – 22,0	22,1 – 24,0	> 24,0
2008 год									
Многовидовые гибриды, их беккроссы	387	37,7	15,8	12,7	15,5	9,0	6,5	0,5	2,3
Сорта – стандарты									
Луговской					16,3				
Тетерев					16,1				
2009 год									
Многовидовые гибриды, их беккроссы	387	36,4	23,8	19,4	11,9	5,2	2,0	0,3	0,1
Сорта – стандарты									
Луговской		10,0							
Тетерев					17,1				
2010 год									
Многовидовые гибриды, их беккроссы	387	53,2	15,5	21,6	5,8	1,8	1,0	0,8	0,3
Сорта – стандарты									
Луговской		10,0							
Тетерев		9,9							

Распределение оцененного материала по следующим классам в каждом году было особым. Максимальная часть гибридов, их беккроссов (кроме модального класса) была с содержанием крахмала 12,1–14,0%, что выявлено в 2008 и 2009 годах, а в следующем классе – в 2010 году.

Установлена особенность проявления содержания крахмала среди созданного материала и сортов-стандартов в зависимости, как мы считаем, от внешних условий. Например, часть гибридов, их беккроссов с содержанием крахмала более 16,3% (показатель лучшего сорта-стандарта) в 2008 году составляла 24,8%, более 17,2% в 2009 г. – 9,6% и свыше 10,0% в 2010 г. – 48,1%. Полученные данные позволяют утверждать о меньшем отрицательном влиянии метеорологических условий 2010 года на высокое содержание крахмала среди изучаемого материала по сравнению с лучшим

сортом – стандартом в отличие от более благоприятных условий 2008 и 2009 годов.

Ценными для селекционной практики можно считать формы с относительно высоким выражением крахмалистости (18–20%). Часть испытываемого материала, отнесенная к этому классу, по годам, соответственно, составляла 9,0; 5,2 и 1,8% или в количественном отношении 35, 20 и 7 гибридов, их беккроссов. Особенность материала, вовлеченного в исследование, в наличии форм с крахмалистостью более 20%, причем, несмотря на значительное различие соотношения материала, отнесенного к последним трем классам, в каждом из них выделены гибриды, их беккроссы с очень высоким проявлением показателя (более 24%).

Как свидетельствуют полученные данные (таблица 2) большинство из выделенного материала с высоким содержанием крахмала характеризовалась варьированием проявления признака в годы выполнения исследования. Учитывая, что для проведения эксперимента в течение трех лет использовано поле с одинаковыми гранулометрическими и агрохимическими показателями почвы, выявлены различия по годам, считаем, обусловленные отличием агрометеорологических условий.

Установлено, что для сорта-стандарта Луговской оптимальные условия для накопления крахмала были в 2008 году, а сорта Тетерев – 2009 году, что согласуется с проявлением в эти годы соответственных метеорологических условий.

В отличие от стандартов, специфической реакцией на проявление признака характеризовались межвидовые гибриды и их беккроссы. Так, из 13 выделенных, высокое выражение показателя (более 20%) в 2008 г. имели шесть гибридов или 46% от общего количества. В 2009 г. таких гибридов было три (23%), а в 2010 – один (8%).

Кроме максимального проявления признака среди выделенного материала определяли часть форм с минимальным его выражением. В этом отношении обнаружены несколько иные данные. Лишь один беккросс 01.26Г116 имел наиболее низкую крахмалистость в 2008 году. В пяти гибридов и их беккроссов (38% от их общего количества) это имело место в 2009 году, а в остальных – 7 гибридов (54%) в 2010 году. Считаем, наименьшая часть гибридов с максимальным значением показателя и самая большая с минимальным свидетельствуют о наименее благоприятных условиях для накопления крахмала в 2010 г.

Полученные данные свидетельствуют о значительной изменчивости содержания крахмала у гибридов в годы выполнения исследования. Самая большая разница обнаружена у межвидового гибрида 83.33с27 – 11,8%. Кроме него, разницей более чем 10% характеризовались еще пять гибридов. Изложенное обусловило высокое значение коэффициента вариации по содержанию крахмала, которое в шести гибридов было выше по сравнению с сортом Луговской, имеющим максимальное выражение показателя среди сортов-стандартов. И только беккросс 01.26Г116 (F_2B^4

РАЗДЕЛ 2. ИСХОДНЫЙ МАТЕРИАЛ

шестивидового гибрида) по сравнению с другими, имел очень низкое значение коэффициента вариации показателя. Считаем, изложенное свидетельствует о низком адаптивном потенциале выделенного материала по содержанию крахмала, хотя в четырех гибридов (31% от общего количества выделенных) величина показателя была в несколько раз ниже, чем у лучшего стандарта – сорта Тетерев.

Таблица 2 – Содержание крахмала (%) у лучших по проявлению признака межвидовых гибридов, их беккроссов

Номер гибрида	Происхождение	Год			Сред- нее	V, %
		2008	2009	2010		
81.386с41	77.277/3 х П55/102	21,1	9,9	15,4	15,5	36,1
83.33с27	80.35с2 х Гидра	16,9	21,7	9,9	16,2	36,6
83.433с15	14-12с18 х Гитте	16,0	15,5	22,2	17,9	20,9
88.730с3	84.209с15 х Агути	24,4	16,0	17,7	19,4	22,9
88.785с43	85.19с2 х 81.459с47	22,0	19,6	11,7	17,8	30,3
90.673/17	85.568с9 х Гитте	18,1	19,8	9,8	15,9	33,7
90.674/13	То же	22,8	18,6	16,2	19,2	17,4
90.674/58	85.568с9 х Воловецкий	17,5	14,4	18,8	16,9	13,4
90.691/9	85.368с17 х Гитте	17,2	21,2	10,6	16,3	32,8
92.11с24	85.368с17 х 86.621с37	20,2	16,7	14,7	17,2	16,2
96.965/45	81.459с 19 х Гитте	20,2	9,9	16,5	15,5	33,7
96.976/20	91.15-41 х Львовянка	18,8	25,1	16,7	20,2	21,6
01.26Г116	91.15-52 х Омега	15,3	15,6	18,0	16,3	9,1
Сорта - стандарты						
Луговской	-	16,3	10,0	10,0	12,1	30,1
Тетерев	-	16,1	17,2	9,9	14,4	27,3

Анализ происхождения гибридов, их беккроссов, имеющих высокое выражение показателя, позволяет утверждать об эффективном генетическом контроле признака в материнской формы В¹ трехвидового гибрида – 85.568с9, который трижды присутствует в родословной выделенного материала, что составляло 23%. Несколько меньшим участием в качестве компонента скрещивания (15%) характеризовался F₂В¹ четырехвидового гибрида 85.368с17, что также позволяет считать его ценным для использования в гибридизации при селекции сортов с высоким содержанием крахмала.

Анализ родословной выделенного материала позволяет утверждать о целесообразности использования при создании высоко крахмалистых межвидовых гибридов различных методов. Две формы (88.785с43 и 92.11с24) получены в результате скрещивания двух беккроссов между собой, причем при создании последнего использованы одинаковые первичные межвидовые гибриды (F₂П56). На разных этапах получения

пяти беккроссов (38% от их общего количества) использовано самоопыление, а в остальных шести - повторное скрещивание с сортами. Чаще всего в происхождении выделенного материала встречались шестивидовые гибриды с родословной | $[(S. \text{acaule} \times S. \text{bulbocastanum}) \times S. \text{phureja}] \times S. \text{demissum}$ | $\times S. \text{andigenum}$ | $\times S. \text{tuberosum}$, а именно в семи форм или 54% от их общего количества. Три беккроссы получены при использовании трехвидового гибрида $(S. \text{demissum} \times S. \text{bulbocastanum}) \times S. \text{tuberosum}$, один – четырехвидового гибрида $[(S. \text{demissum} \times S. \text{bulbocastanum}) \times S. \text{andigenum}] \times S. \text{tuberosum}$, а два, как упоминалось ранее, от скрещивания гибридов с разным происхождением (четырёхвидовый $\times$ шестивидовый).

Две первые формы, представленные в таблице 2, является межвидовыми гибридами. По две: 83.433с15, 96.965/45 и 96.976029, 01.26Г116 соответственно однократными и четырехкратными беккроссами. Наибольшую часть, среди выделенного материала, имели двукратные беккроссы (38% или шесть штук). То есть, высококрахмалистые формы можно выделить среди разного материала по степени беккроссирования.

Данные таблицы 3 свидетельствуют, что среди материала первого клубневого поколения в 2010 году компоненты скрещивания значительно отличались по содержанию крахмала. Между материнскими формами отличия составили 9,4%, а опылителями – 8,2%. Максимальное проявление признака среди материнских форм имел гибрид 90.674/58, который является двукратным беккроссом трехвидового гибрида. Противоположное относилось к двум гибридам комбинации 90.691, а именно: с38 и с2. По происхождению они двукратные беккроссы четырехвидового гибрида, отборы которого на первом этапе осуществлены среди потомства от самоопыления.

Тестер-гибрид 88.416с1, который является однократным беккроссом четырехвидового гибрида, который характеризовался в 2010 году низким содержанием крахмала. В двух комбинациях опылителем использован гибрид 90.674/58, имевший высокое проявление признака.

Максимальное среднее выражение показателя среди родительских форм имели компоненты скрещивания комбинации № 40 с происхождением 90.730/12 $\times$ 90.674/58. Материнская форма характеризовалась средним содержанием крахмала, а опылитель - высоким. Незначительно уступала упомянутой комбинации №34. Еще у восьми популяций среднее содержание крахмала родительских форм было низким или средним.

Полученные данные свидетельствуют о значительном различии между гибридами у различных по происхождению комбинаций по проявлению признака. По минимальным значениям показателя потомство всех популяций различалось незначительно. Иное относилось к гибридам с максимальным содержанием крахмала. Установлено, что самым низким потенциалом для выделения гибридов с высоким проявлением признака

характеризовалась комбинация № 34 полученная от скрещивания 90.684/18 х 90.674/58. Максимальное содержание крахмала среди ее гибридов составляло 19,9%, что оказалось самым низким в опыте. Обратное относилось к популяциям № 37 (90.666/25 х 88.416с1), № 43 (90.691/38 х 88.416с1) и, особенно, № 45 (90.674/12 х 88.416с1). Один из гибридов последней комбинации имел содержание крахмала 29,7%, что классифицируется как очень высокое.

Установленная средняя зависимость ($r = +0,56$) между минимальным проявлением признака у гибридов комбинаций и средним значением показателя родительских форм, низкая отрицательная ($r = -0,11$) между максимальным выражением содержания крахмала в гибридов и средней величиной признака родительских форм, высокая положительная ($r = +0,74$) между минимальным значением содержания крахмала среди гибридов и проявлением показателя опылителей.

За исключением комбинации № 37, среднее содержание крахмала гибридов низкое (популяции № № 36, 43, 44 и 45), или среднее (все остальные). Данные по определению коэффициента корреляции позволили утверждать об отсутствии связей между средней величиной содержания крахмала у гибридов и проявлением признака в материнских форм ($r = 0,26$), опылителей ($r = -0,03$).

Полученные данные свидетельствуют о возможности выделения гибридов с более высокой крахмалистостью чем у лучшей родительской формы. Необходимо отметить, что использование гибрида 90.674/58 материнской формой в комбинации №40 позволило получить наибольшее количество гибридов, с проявлением признака на уровне лучшего из компонентов скрещивания.

Важной характеристикой перспективности популяций относительно выделения высоко крахмалистых форм является количество гибридов с проявлением признака 20% и более. Полученные данные свидетельствуют о различии комбинаций, иногда значительном, по выражению показателя. Особенно ценной в этом отношении оказалась популяция № 40 с происхождением 90.674/58 х 88.416с1, в которой часть потомства с упомянутой характеристикой составляла 14,8%, что является самым высоким в опыте. Объяснить изложенное можно высоким значением этого показателя у материнской формы и аналогичную среднюю популяционную крахмалистость гибридов. Определенную ценность по выделению высоко крахмалистых гибридов имела комбинация №37, в которой часть выделенных гибридов с такой характеристикой достигала 10,4%.

Считаем, метеорологические условия 2011 года не способствовали накоплению крахмала в большинстве материнских форм второго клубневого поколения. Исключение составляли гибриды 90.691/21, 90.691/38, 90.705/5 и 90.674/12. У первого из них различие проявления признака, по сравнению с предыдущим годом, составило 5,6%. В то же время, максимальная разница обнаружена в материнской формы – гибрида 90.674/58 – 9,5%.

Таблица 3 – Содержание крахмала у родительских форм и потомства от межвидовых скрещиваний

Номер популяции	Комбинация скрещиваний	Содержание крахмала у родительских форм, %			Количество сеянцев, шт.	Содержание крахмала в популяции, %		Гибридов с содержанием крахмала, %	
		материнская	опылитель	среднее		min – max	M± m	выше, чем у лучшей родительской формы	20% и больше
Первое клубневое поколение, 2010 г.									
34	90.684/18 / 90.674/58	14,7	19,4	17,1	49	10,8-19,9	15,9±0,3	1,2	0
36	00.95/100 / 88.416с1	12,8	11,2	12,0	42	9,8-20,0	13,9±0,1	2,2	1,2
37	90.666/25 / 88.416с1	16,8	11,2	14,0	79	9,8-28,3	19,7±1,2	5,7	10,4
39	90.674/16 / 88.416с1	15,6	11,2	13,4	86	10,0-25,7	14,5±1,2	9,4	9,1
40	90.674/58 / 88.416с1	19,4	11,2	15,3	31	10,0-23,5	15,6±0,2	15,8	14,8
41	90.690/7 / 88.416с1	15,3	11,2	13,3	82	9,8-21,2	15,3±0,1	2,7	1,8
42	90.691/2 / 88.416с1	10,0	11,2	10,6	97	9,8-22,0	15,3±0,4	2,2	1,1
43	90.691/38 / 88.416с1	10,0	11,2	10,6	97	9,9-27,4	11,8±0,3	2,7	2,7
44	90.730/5 / 90.674/58	16,3	19,4	17,9	91	10,0-23,5	13,3±0,2	4,8	6,3
45	90.674/12 / 88.416с1	17,6	11,2	14,4	93	9,8-29,7	11,9±2,9	1,3	3,8
Второе клубневое поколение, 2011 г.									
34	90.684/18 / 90.674/58	9,9	9,9	9,9	25	9,8-24,1	14,3±0,1	60,0	12,0
36	00.95/100 / 88.416с1	9,8	11,2	10,5	28	9,8-27,7	14,0±0,1	60,7	10,7
37	90.666/25 / 88.416с1	9,9	11,2	10,6	29	9,8-28,9	18,4±0,2	69,0	41,4
39	90.674/16 / 88.416с1	13,8	11,2	12,5	65	9,8-29,1	18,3±0,1	81,5	33,8
40	90.674/58 / 88.416с1	9,9	11,2	10,6	6	9,9-23,5	16,9±0,4	66,7	50,0
41	90.690/7 / 88.416с1	9,9	11,2	10,6	32	9,8-26,6	15,0±0,1	53,1	15,6
42	90.691/21 / 88.416с1	15,6	11,2	13,4	66	9,8-29,5	15,7±0,2	72,9	18,2
43	90.691/38 / 88.416с1	13,4	11,2	12,3	60	9,8-28,9	15,5±0,4	75,0	20,0
44	90.730/5 / 90.674/58	17,3	9,9	13,6	33	10,0-25,7	14,8±0,2	72,7	24,2
45	90.674/12 / 88.416с1	14,5	11,2	12,9	47	9,8-29,6	16,0±0,1	70,2	23,4

Особенно неблагоприятным по накоплению крахмала оказался 2011 для опылителя-гибрида 90.674/58. В противоположность изложенному, другой опылитель-гибрид 88.416с1 имел одинаковое проявление показателя в годы исследований.

Из-за более низкой крахмалистости материнских форм в 2011 году по сравнению с предыдущим, среднее значение компонентов скрещивания в большинстве комбинаций было ниже в 2011 году.

Несмотря на неблагоприятные метеорологические условия для накопления крахмала у большинства родительских форм, выражение показателя среди потомства имело близкие величины по годам. Минимальное проявление признака в отдельных комбинациях (№№ 34, 40) имело выше значения в 2010 году, а в большинстве – одинаковое по годам.

За исключением популяций № № 37 и 45, в которых обнаружена небольшая разница максимального выражения содержания крахмала у гибридов и комбинации № 40 с одинаковым значением показателя, в других выделены гибриды, имевшие более высокую крахмалистость в 2011 году, хотя это и не соответствует проявлению признака в большинстве родительских форм.

Несмотря на преимущество выражения показателя у гибридов относительно максимального его проявления в 2011 году, среднее популяционное проявление признака в большинстве комбинаций было выше в 2010 году. Исключение составляли популяции №№ 37, 39, 45. В целом, максимальная разница средне популяционного значения показателя по годам обнаружена в комбинации № 36–5,4%, что является значительным, а минимальная – в популяции №45 – 0,3% и характеризуется как незначительное отличие.

Учитывая низкое содержание крахмала среди компонентов скрещивания в 2011 году, по сравнению с предыдущим, часть гибридов с более высоким проявлением признака, чем в лучшей родительской форме, в большинстве популяций в этом году была намного выше, чем в предыдущем. Особенно выделилась в этом отношении популяция №39, часть потомства которой с вышеупомянутой характеристикой составляла более 80%.

Потомство популяций второго клубневого поколения значительно отличалось по части гибридов с содержанием крахмала 20% и более. Наиболее высоким потенциалом в этом отношении характеризовалась комбинация №40, в которой половина гибридов имела высокое проявление показателя. В несколько меньшей степени это относилось к комбинации № 37. Противоположное касалось популяций № № 34, 36.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Доказан высокий потенциал межвидовых гибридов с участием мексиканских диких видов картофеля относительно содержания крахмала. Установлено значительное влияние на проявление признака

метеорологических условий в годы проведения исследования. Выделены гибриды с высоким содержанием крахмала в клубнях в течение трех лет. Значительная часть из них характеризовалась меньшим, чем у сортов, коэффициентом вариации признака.

Установлена высокая изменчивость проявления признака среди потомства, хотя отдельные гибриды как материала первого клубневых поколения, так и второго характеризовались высоким и очень высоким выражением показателя. Лишь в отдельных популяциях (№37 в оба года и №39 в 2011 году) среднее проявление содержания крахмала в клубнях было высоким. Значительный потенциал гибридного материала по выражения показателя подтверждался выделением части форм с более высоким проявлением содержания крахмала, чем у лучшего из компонентов скрещивания, а также крахмалистостью более 20%.

Литература

1. Кучко, А.А. Фізіологія та біохімія картоплі / Кучко А.А., Власенко М.Ю., Мицько В.М.- Київ: Довіра, 1998.- 335 с.
2. Van der Zaag, D. E. Potato production and utilization in the world / D.E. Van der Zaag // Pot. Res. – 1976.- 19.- P.37-72.
3. Фурсова, Г.К. Рослинництво. Лабораторно-практичні заняття. Технічні та кормові культури / Г.К.Фурсова, Д.І.Фурсов, В.В.Сергеев.- Харків, 2008. - 255 с.
4. Putz, B. Der zritige Moglichketion zur Selektion bon verarbeitungssorten lureh den Zuchter / B. Putz // Kartoffelbau.- 1995.- 11.- S. 427-431.
5. Горбатенко, Л.Е. Каталог мировой коллекции ВИР. Южноамериканские виды картофеля (секция Petota Dumort. рода Solanum L.) / Л.Е. Горбатенко // Ленинград, ВИР.- 1990.- Вып. 569.- 398 с.
6. Томчук, Н.Г. Использование вида Солянум андигенум Юз. и Бук. при выведении гибридов картофеля с повышенным содержанием белка: автореф. на соискание учен. степени канд. с.-х. наук / Н.Г.Томчук.- Гродно, 1965.- 21 с.
7. Осипчук, А.А. Селекція картоплі в умовах Полісся України: дис.. у формі наукової доповіді на здобуття наук. ступеня доктора с.-г. наук: спец. 06.01.05 «Селекція і насінництво» / А.А.Осипчук.- Харків, 1993.- 50 с.
8. Семенова, Н.А. Использование вида Solanum demissum Lindl. Для получения сеянцев картофеля с повышенным содержанием сухих веществ: автореф. дис. на соискание ученой степени канд. с.-х. наук / Н.А.Семенова.- Минск, 1965.- 23 с.
9. Burger, H. Untersuchungen uber die Ursachen der Lesitung von Kulturpflanzen. I.Das Verhalten der Komponenten Des Starkeertrages von

Kertoffen / Н. Burger, W. Huhnke, D. Kuhler, F. Schwanitz, R. Sengsbush // Zuchter.-1956.-26.-S.363-371.

10. Будин, К.З. Генетические основы селекции картофеля / К.З.Будин.- Л.: Агропромиздат, 1986.-192 с.

11. Яшина, И.М. Создание и генетическая оценка нового исходного материала картофеля и эффективные пути его использования в селекции: дис. в виде научного доклада на соискание учен. степени доктора с.-х. наук: спец. 06.01.05 «Селекция и семеноводство» / И.М.Яшина.- М., 2000.- 68 с.

12. Незаконова, Л.В. Создание исходного материала для селекции высококачественных сортов картофеля с использованием экологически отдаленных форм: автореф. дис. на соискание ученой степени кандидата с.-х. наук: спец. 06.01.05 «Селекция и семеноводство» / Л.В. Незаконова.- п. Самохваловичи Минской обл., 1984.- 17 с.

13. Engel, K. H. Grundlegende Fragen zu einem Schema fur Arbeiten mit In-zuchten bei Kartoffeln / K. H. Engel //Zuchter.- 1957.-27.- S.98-103.

14. Hunnius, W. Zuchtung trockensubstanzreicher Kartoffeln (Starke und Eiweib).—Kartoffelbau / W. Hunnius.- 1969. - N 2. - P. 46-51.

15. Maris, B. Studies on maturity, yield, under-water weight and some other characteristics of potato progenies / B. Maris // Euphytica. – 1969 – 18. – P.287-319.

16. Munzert, M. Der Starke- und Eiweibgehalt sowie die Vollerntevertraglichkeit der Kartoffel unter dem Einflub der Reifezeit, Arneitstag. Arbeitsgem. Saatzuchtler, Gumpenstein / M. Munzert, M. Scheidt. – 1978. - S. - 193-208.

17. Альсьмик, П.И. Методы и результаты селекции картофеля на повышенное содержание сухих веществ. – В сб. «Картофель». Минск, «Урожай». - 1966. – С. 3-21.

18. Подгаєцький А.А. Генофонд картоплі, його складові, характеристика і стратегія використання / А.А.Подгаєцький // Картопля. К., 2002.- Т.1.- С. 156-198.

19. Методичні рекомендації щодо проведення досліджень з картоплею. - Немішаєве: УААН, ІК, 2002.- 183 с.

PHENOTYPIC EXPRESSION OF THE STARCH CONTENT FROM THE COMPLEX INTERSPECIFIC HYBRIDS POTATO AND THEIR PROGENY

PODGAETSKIY A.A., GORBAS S.N.

SUMMARY

Evaluated the potential of complex interspecific hybrids of potato starch content. The influence on the manifestation of signs of external conditions in the years of the study, the difference between the reaction of the test material and grades of standards for complex environmental factors. Obtained hybrids with high starch content in tubers of three years. A large part of them was characterized by significantly lower than that of varieties, coefficient of variation of the trait. Highlighted in combination with significant potential for the selection of highly starchy forms. Each population of possible selection of hybrids with higher expression characteristic than the best parent form as well (except for the combination number 34 in 2010) progeny starch content of more than 20%.

Keywords: potato, interspecific hybrids, backcrosses, the starch content, the first and second generation tuberos, coefficient of variation.

Поступила в редакцию 30.04.2013 г.

УДК: 635.21: 575.222.2.72 : 577.21

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ *Solanum verrucosum* ДЛЯ ПРЕОДОЛЕНИЯ ОДНОСТОРОННЕЙ НЕСОВМЕСТИМОСТИ В СКРЕЩИВАНИЯХ С АЛЛОТЕТРАПЛОИДНЫМИ ДИКИМИ ВИДАМИ КАРТОФЕЛЯ**Полюхович Ю.В., Воронкова Е.В., Савчук А.В., Ермишин А.П.**

Институт генетики и цитологии НАН Беларуси, Минск

E-mail: yuliy1612@yandex.ru, A.Yermishin@igc.bas-net.by

РЕЗЮМЕ

*Впервые показана возможность получения семян и жизнеспособных гибридов в скрещиваниях между диплоидным самосовместимым 2 EBN видом *Solanum verrucosum* и аллотетраплоидными 2 EBN видами картофеля, в которых последние являлись опылителями. Полученные результаты дают основание заключить, что устранение барьеров презиготной несовместимости благодаря использованию *S. verrucosum*, характеризующегося отсутствием пестичных S-РНКаз, в большинстве случаев оказывается достаточным для преодоления несовместимости в таких скрещиваниях. Была продемонстрирована возможность выделения среди полученных межвидовых гибридов наряду с обычными, стерильными триплоидными сеянцами, определенного количества фертильных, предположительно диплоидных гибридов.*

Ключевые слова: картофель, *Solanum verrucosum*, *S. acaule*, *S. stoloniferum* пре- и постзиготная межвидовая несовместимость, преодоление несовместимости, межвидовая гибридизация, жизнеспособность межвидовых гибридов

ВВЕДЕНИЕ

Дикие аллополиплоидные виды картофеля являются источниками ряда ценных генов, которые представляют значительный интерес для селекции на устойчивость к широкому ряду заболеваний и вредителей, а также к неблагоприятным абиотическим факторам среды. В частности, южноамериканский вид *S. acaule* обладает комплексной устойчивостью к вирусам PVX, PLRV, PVY [1], крайней устойчивостью к вириодам [2,3,4,5]. Этот же вид – важный источник генов устойчивости к нематодам *Globodera pallida*, *Globodera rostochinensis* и *Meloidogyne* spp., к патотипам рака, альтернариозу, возбудителю кольцевой гнили *Clavibacter michiganense* spp. *sepedonicum* [3,5]. По данным M.Vayde (1994) *S. acaule* –

один из самых холодо- и морозоустойчивых (выдерживает понижение температуры до -4°C , а при акклиматизации вплоть до -11°C) [6]. Мексиканский аллотетраплоидный вид *S. stoloniferum* считается ценным источником генов крайней устойчивости к PVY, PVX и PVA, устойчивости к фитофторозу, ряду бактериальных заболеваний (*Clavibacter michiganense* spp. *sepedonicum*, *Erwinia* spp.), высоким температурам, вредителям картофеля, в частности, нескольким видам тлей (*Myzodes persicae*, *Macrosiphum euphorbiae*) [6].

Проблема интрогрессии генетических ресурсов аллотетраплоидных видов картофеля связана с наличием барьеров скрещиваемости между данными видами и культурным картофелем. Эти виды картофеля хотя и имеют одинаковую ploидность с культурным картофелем, однако относятся к классификационной группе дисомных $4x$ (2EBN) видов, которые не могут свободно скрещиваться с автотетраплоидным *S. tuberosum*, являющимся тетрасомным $4x$ (4EBN) видом.

Дикие аллотетраплоидные виды относительно легко скрещиваются в качестве материнской формы с дигаплоидами *S. tuberosum* ($2x$, 2 EBN) с образованием стерильных триплоидных $3x$, 2 EBN гибридов [7-9]. В лаборатории генетики картофеля ГНУ «Институт генетики и цитологии НАН Беларуси» была впервые продемонстрирована возможность получения наряду с триплоидными диплоидных гибридов при опылении растений некоторых аллотетраплоидных диких видов картофеля фертильной пылью дигаплоидов *S. tuberosum* [10]. Получение таких гибридов открывает новые возможности для эффективной интрогрессии в генетический пул культурного картофеля новых ценных генов устойчивости к болезням и вредителям от аллотетраплоидных видов.

Однако реципрокные скрещивания, как правило, являются неудачными [11,12]. Так, в скрещиваниях, проведенных в лаборатории генетики картофеля Института генетики и цитологии, в которых в качестве материнских форм использовали дигаплоиды *S. tuberosum*, а в качестве опылителей – аллотетраплоидные виды, ни в одной из комбинаций скрещиваний *S. tuberosum* $\times$ *S. polytrichon* (3 комбинации) или *S. tuberosum* $\times$ *S. fendleri* (1 комбинация) гибриды получить не удалось. Из четырех комбинаций *S. tuberosum* $\times$ *S. stoloniferum* только в одной комбинации были получены ягоды, однако эффективность опыления была крайне низкой (4,8 семян в пересчете на один опыленный цветок) [13]. В то же время межвидовые скрещивания в тех случаях, когда в качестве материнских (опыляемых) родителей использовались дикие аллотетраплоидные виды *S. acaule*, *S. stoloniferum*, *S. polytrichon* и *S. fendleri* были удачными. Даже небольшой объем скрещиваний позволил

получить достаточно большое количество выполненных, нормально развитых семян.

Односторонняя межвидовая несовместимость обычно наблюдается в скрещиваниях между самосовместимыми (SC) и самонесовместимыми видами (SI), например, диким диплоидным видом картофеля *S. verrucosum* и дигаметами *S. tuberosum*. Несовместимость проявляется в виде торможения роста пыльцевых трубок SC-вида в пестиках SI-вида. Есть основания полагать, что презиготная несовместимость является одной из причин нескрещиваемости аллотетраплоидных видов с другими видами картофеля [14].

При изучении механизмов односторонней межвидовой несовместимости с участием *S. verrucosum* было установлено, что самосовместимость этого вида обусловлена отсутствием в пестиках S-РНКаз [15,16]. Известно, что при опылении *S. verrucosum* не только собственной пылью, но и пылью других видов картофеля не наблюдается ингибирование роста пыльцевых трубок и они в большом количестве могут достигать семяпочки [17,18]. Это свойство *S. verrucosum*, очевидно обусловленное отсутствием пестичных S-РНКаз, является основой его использования в качестве вида-посредника для вовлечения в селекцию ценного генофонда диких видов картофеля, которые не скрещиваются с *S. tuberosum* [17,19-21].

Целью настоящего исследования было изучить возможность использования *S. verrucosum* для преодоления односторонней несовместимости в скрещиваниях с аллотетраплоидными видами картофеля *S. acaule* и *S. stoloniferum*. Предполагалось, что применение *S. verrucosum* в качестве материнской формы в скрещиваниях с этими видами позволит получить как стерильные триплоидные, так и фертильные диплоидные гибриды.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

В качестве материала использовали 7 образцов *S. verrucosum*, которые скрещивали с мужски фертильными образцами аллотетраплоидных видов *S. acaule* (PI 498036, PI 472801, PI 472757, PI 472756, PI 472755, PI 472758, PI 472698, PI 472713), *S. stoloniferum* (PI 458417). Семена образцов диких видов были получены из Национального генного банка по картофелю США (NRSP-6).

Для проведения гибридизации растения родительских форм (3–6 растений каждого образца) выращивали в теплице при контролируемой влажности и температуре воздуха. Для предотвращения самоопыления перед гибридизацией проводили кастрацию цветков материнских образцов

(нераскрывшиеся бутоны). Сбор пыльцы для скрещиваний, а также анализ ее жизнеспособности и функциональной фертильности пыльцы (далее ФФП) проводили следующим образом: распутившиеся цветы собирали на пике цветения, подсушивали 1 сут. при комнатной температуре, затем вытряхивали из них пыльцу с помощью электрического вибратора. В скрещиваниях с участием *S. acaule* использовали смесь пыльцы фертильных образцов этого вида, с участием *S. stoloniferum* – смесь пыльцы разных растений образца PI 458417.

Для определения ФФП производили проращивание пыльцы *in vitro* по методике [22]. Сбор пыльцы для проращивания осуществляли у каждого образца как минимум дважды за период цветения. Учитывали по 300 пыльцевых зерен с образца в нескольких полях зрения микроскопа (увеличение 600×). ФФП рассчитывали так: ФФП = (частота проросших пыльцевых зерен / общее число пыльцевых зерен)×100%.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Как свидетельствуют данные, представленные в таблице 1, даже небольшой объем скрещиваний позволил получить достаточно большое количество ягод во всех вариантах скрещиваний. Эффективность гибридизации (количество завязавшихся ягод) была несколько выше для *S. stoloniferum*, несмотря на то, что использовалась пыльца только одного образца, в отличие от скрещиваний с участием *S. acaule*, где применялась смесь пыльцы нескольких образцов.

Таблица 1 – Результаты гибридизации между *S. verrucosum* (материнские формы) и аллотетраплоидными видами картофеля *S. acaule* и *S. stoloniferum* (опылители) (Минск, 2011 г.)

S. <i>verrucosum</i>	<i>S. acaule</i>				<i>S. stoloniferum</i>			
	Расте- ний, шт.	Эффек- ных комби- наций, шт	Опы- лений, т.	Ягод, шт.	Расте- ний, шт.	Эффек- ных комби- наций, шт	Опы- лений шт.	Ягод, шт.
PI 190170	6	2	27	4	3	2	7	2
PI 275256	5	3	14	4	5	2	16	5
PI 275257	6	3	29	5	6	5	27	7
PI 310966	4	2	20	5	3	2	9	2
PI 498010	3	2	9	4	3	2	10	3
PI 570643	3	2	9	2	4	1	9	1
PI 570644	3	3	10	6	3	3	8	5

Продолжение таблицы 1

Общее количество/уровень ягодообразования (%)			118	30/25,4			86	25/29,1
---	--	--	-----	---------	--	--	----	---------

В 2012 г. полученные гибридные семена шести комбинаций скрещивания (по три для каждого из аллотетраплоидных видов) проращивали для получения сеянцев. Всхожесть семян и жизнеспособность сеянцев межвидовых гибридов F1 в комбинациях *S. verrucosum* PI498010-2 × *S. stoloniferum* и *S. verrucosum* PI570644 × *S. stoloniferum* была очень низкой, что не позволило получить достаточное для последующего анализа количество гибридов.

Гибриды с участием *S. acaule*, полученные на разных растениях одного и того же образца *S. verrucosum* PI498010, напоминали фенотип опылителя, однако были значительно более мощными и имели длинные цветоносы. Все они обильно цвели, однако были полностью мужски стерильными. Очевидно, они представляют собой триплоиды, у которых на один геном *S. verrucosum* приходится 2 генома *S. acaule*. Среди гибридов популяции *S. verrucosum* PI275256 × *S. acaule* также преобладали гибриды с выраженным фенотипом *S. acaule*, а также были отмечены сеянцы по морфологии напоминающие *S. verrucosum*. Согласно результатам таблицы 2, более 60% растений в данной комбинации были стерильны или обладали низкой фертильностью (ФФП менее 2%), 11% имели фертильность от 2 до 10% и почти 28% гибридной популяции относятся к высоко фертильным формам с фертильностью от 11,8 до 55,9%. Предположительно, гибриды, имеющие ФФП более 2% являются диплоидами.

В связи с низкой жизнеспособностью межвидовых гибридов с участием *S. stoloniferum* в исследование по определению ФФП была включена только одна популяция *S. verrucosum* PI498010 × *S. stoloniferum*. По морфологии оба родительских вида очень близки, в связи с этим все гибриды данной комбинации были выровнены по фенотипу. Около 32% растений не цвели, а многие из тех, что цвели, показали очень низкий уровень функциональной фертильности пыльцы. Тем не менее, значительная часть цветущих гибридов (более 60%) была отнесена к высоко фертильным формам (ФФП от 14,2 до 57,6%).

Таблица 2 – Показатели мужской фертильности гибридов между *S. verrucosum* и аллотетраплоидными видами картофеля *S. acaule* и *S. stoloniferum* (Минск, 2012 г.)

Гибриды	Всего сеянцев, шт.	Стерильных и низко фертильных сеянцев* шт.	Фертильных сеянцев, шт.	
			Средне фертильные**	Высоко фертильные***
<i>S.ver</i> (PI498010)x <i>S.sto</i>	22	7	1	14
<i>S.ver</i> (PI498010-1)x <i>S.acl</i>	57	57	0	0
<i>S.ver</i> (PI498010-2)x <i>S.acl</i>	16	16	0	0
<i>S.ver</i> (PI275256)x <i>S.acl</i>	54	33	6	15

*ФФП 0-2,0 %

** ФФП 2,1-10,0 %

*** ФФП более 10,0%

Большинство гибридов были не способны к образованию клубней в условиях длинного дня в Беларуси. Негативная реакция на выращивание при длинном дне, характерном для средних широт выражена у гибридов, полученных как на основе *S. acaule*, так и *S. stoloniferum*. Эта особенность определяется, очевидно, действием генов как аллотетраплоидных видов, так и *S. verrucosum*.

Вид *S. acaule* при весьма широком ареале, захватывающем Перу, Боливию, северо-западные районы Аргентины сосредоточен в основном в областях, расположенных на экваторе или близких к нему [23], то есть эволюционно приспособлен к развитию и клубнеобразованию при коротком дне. Гибриды на основе *S. stoloniferum* отличаются, обычно, более стабильным клубнеобразованием, что очевидно связано с происхождением этого вида из субтропических областей Северной Америки (центральная часть Мексики и юго-западные штаты США) [23], и, следовательно, не столь ярко выраженной негативной реакцией на длинный день. Однако в нашем случае свой вклад в клубнеобразование внес и мексиканский вид *S. verrucosum*, произрастающий в условиях короткого дня, что снизило и без того невысокий уровень клубнеобразования гибридов.

Таким образом, в настоящем исследовании впервые показана возможность преодоления с помощью самосовместимого вида *S. verrucosum* односторонней несовместимости в скрещиваниях с участием ценных для селекции аллотетраплоидных диких видов картофеля *S. acaule* и *S. stoloniferum*. Несмотря на предварительный характер, полученные результаты представляют значительный научный интерес.

Во-первых, установлено, что для завязывания гибридных семян в скрещиваниях между диплоидным 2 EBN видом картофеля *S. verrucosum* и аллотетраплоидными видами 2 EBN видами первостепенное значение имеет эффективная, а не реальная плоидность материнских форм и опылителей. У обычных триплоидных гибридов между этими видами (аллотетраплоидный вид выступает в качестве материнской формы) семена имеют пентаплоидный эндосперм, в котором представлены 4 генома от аллотетраплоидного вида и один от диплоидного (4:1). При этом соотношение EBN родительских видов соответствует 2:1, необходимое, в соответствии с концепцией EBN [7] для успешного получения выполненных семян. В реципрокных скрещиваниях, в которых аллотетраплоидный вид выступает в качестве опылителя, семена имеют при триплоидном зародыше лишь тетраплоидный эндосперм, в котором два генома от диплоидного вида и два – от аллотетраплоидного (соотношение геномов 2:2). Соотношение EBN родительских видов соответствует 2:1, как и в прямых скрещиваниях, что, как видно из полученных результатов, обеспечивает получение выполненных гибридных семян.

Во-вторых, полученные результаты дают основание заключить, что устранение барьеров презиготной несовместимости благодаря использованию вида-посредника *S. verrucosum*, характеризующегося отсутствием пестичных S-РНКаз, в большинстве случаев оказывается достаточным для преодоления несовместимости в скрещиваниях между 2 EBN диплоидными и аллотетраплоидными видами, в которых последние выступают в качестве опылителей. Эти результаты подтверждают данные Camadro, Masuelli 1995[14], которые наблюдали ингибирование роста пыльцевых трубок аллотетраплоидных видов в скрещиваниях с 2 EBN видами. В то же время по сведениям Hayes et al. 2005[12], рост пыльцевых трубок аллотетраплоидных видов в подобных скрещиваниях проходил нормально. Это говорит о том, что причиной неудачных скрещиваний могут быть не презиготные, а постзиготные барьеры. В настоящей работе в двух комбинациях скрещиваний с участием *S. stoloniferum* наблюдали пониженную всхожесть семян и низкую жизнеспособность сеянцев межвидовых гибридов, что также свидетельствует о возможном участии

постзиготных факторов в межвидовой несовместимости при использовании аллотетраплоидного вида в качестве опылителя. Интересно, что проявление пониженной всхожести гибридных семян и жизнеспособности сеянцев зависело от генотипа материнской формы (образца *S. verrucosum*).

В-третьих, была продемонстрирована возможность выделения среди полученных межвидовых гибридов наряду с обычными, стерильными триплоидными сеянцами, определенного количества фертильных, предположительно диплоидных гибридов. По нашим данным [24], в скрещиваниях между разными образцами *S. acaule* и дигаплоидами *S. tuberosum* доля таких гибридов составляла от 0 до 20% (в среднем 13,3%), а в аналогичных скрещиваниях с участием *S. stoloniferum* – 16,7-33,3% (в среднем 21,2%). В настоящей работе частота появления предположительно диплоидных гибридов в комбинации с *S. stoloniferum* была выше, чем в комбинациях с *S. acaule*. Следует также отметить интересный факт, что частота предположительно диплоидных фертильных гибридов также зависела от образца *S. verrucosum*.

Тот факт, что диплоидные гибриды между 2 EBN диплоидными и аллотетраплоидными видами картофеля могут получаться и в случае использования в скрещиваниях аллотетраплоидных видов в качестве опылителей, открывает новые возможности для изучения цитологических механизмов этого явления: особенности мейоза при микроспорогенезе исследовать намного методически проще, чем при мегаспорогенезе.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Впервые показана возможность получения семян и жизнеспособных гибридов в скрещиваниях между диплоидным самосовместимым 2 EBN видом *Solanum verrucosum* и аллотетраплоидными 2 EBN видами картофеля, в которых последние являлись опылителями.

2. Для завязывания гибридных семян в скрещиваниях между *S. verrucosum* и аллотетраплоидными видами первостепенное значение имеет эффективная, а не реальная ploидность материнских форм и опылителей. Тетраплоидный эндосперм обеспечивал нормальное развитие триплоидных зародышей и формирование жизнеспособных гибридных семян при соотношении EBN родительских видов 2:1.

3. Впервые продемонстрирована возможность выделения среди полученных межвидовых гибридов наряду с обычными, стерильными

триплоидными сеянцами, определенного количества фертильных, предположительно диплоидных гибридов.

Литература

1. Hawkes, J.G. // Potato genetics. Wallingford. 1994. P. 109–132
2. Ortiz, R. Potato breeding via ploidy manipulation / R. Ortiz // Plant Breeding Reviews. – Wiley-Interscience, 1998. – Vol. 16. – P. 15-86.
3. Росс, Х. Селекция картофеля. Проблемы и перспективы (Пер. с англ.) / Х. Росс – М.: Агропромиздат, 1989. – 183 с.
4. Swiezynski, K.M. Resistance to the potato leafroll virus (PLRV) in diploid potatoes / K.M. Swiezynski, M.A. Dziewonska, K. Ostrowska // Plant Breeding. – 1989 – Vol. 103, №3. – P.221–227.
5. Genetics and Resistance to Pests and Diseases / I. Simko [et al.] // Potato Biology and Biotechnology: Advances and Perspectives / Elsevier, 2007 – Chapter 7. – P.117-156
6. Vayde, M.E. Environmental stress and its impact on potato yield / M.E. Vayde, J.E. Bradshaw, G.R. Mackey // Potato Genetics / Cambridge University Press. Cambridge – 1994 – P.239–263.
7. Johnston, S.A. The significance of genetic balance to endosperm development in interspecific crosses / S.A. Johnston [et al.] // Theor. Appl. Genet. 1980 – Vol.57, №1. – P.5–9.
8. Smith, J.A. An interpretation of genomic balance in seed formation in interspecific hybrids of *Solanum* / J.A. Smith, S.L Desborough // Theor. Appl. Genet. – 1986. – Vol.72, №3. – P.346–352.
9. Ehlenfeldt, M.K. Genetic control of Endosperm Balance Number (EBN): three additive loci in a threshold-like system / M.K. Ehlenfeldt, R.E. Hanneman // Theor. Appl. Genet. – 1988. – Vol.75, №6. – P.825–832.
10. Воронкова, Е.В. Использование генофонда аллотетраплоидных видов в диплоидной селекции картофеля на устойчивость к болезням и вредителям / Е.В. Воронкова, В.М. Лисовская, А.П. Ермишин // Материалы Второго Всероссийского съезда по защите растений. ВИЗР: Санкт-Петербург, 5-10 декабря 2005. / Санкт-Петербург – С.420-422
11. Camadro, E.L. Haploids of the wild tetraploid potato *Solanum acaule* ssp.*acaule*: generation, meiotic behavior and electrophoretic pattern for the aspartate aminotransferase system / E.L. Camadro, R.W. Masuelli, M.C. Cortes // Genome. – 1992 – Vol.35, №3. – P.431–435.
12. Hayes, R.J. Unilateral and bilateral hybridization barriers in inter-series crosses of 4x 2EBN *Solanum stoloniferum*, *S. pinnatisectum*, *S.*

cardiophyllum, and 2x 2EBN *S. tuberosum* haploids and haploid-species hybrids/ R.J. Hayes I.I. Dinu C.A. Thill //Sex Plant Reprod. – 2005– Vol 17 – P 303–311

13. Способ интрогрессии генов аллотетраплоидного картофеля дикого вида в геном картофеля *Solanum tuberosum*: пат. 11631 Респ. Беларусь, МПК А 01Н 1/02 /А.П. Ермишин, Е.В. Воронкова, В.М. Лисовская; заявитель ГНУ «Институт генетики и цитологии НАН Беларуси» – № а 20060496; заявл. 25.05.06; опубл. 28.02.09 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2009. – № 1. – С. 44.

14. Camadro, E.L. A genetic model for the endosperm balance number (EBN) in the wild potato *Solanum acaule* Bitt. and two related diploid species / E.L. Camadro, R.W. Masuelli// Sex Plant Reprod. – 1995. – Vol.8, №5. – P.283–288

15. Ejlander, R. Mechanisms of self-incompatibility and unilateral incompatibility in diploid potato (*Solanum tuberosum* L.) / R. Eijlander // Landbouwniversiteit Wageningen press, 1998. – 112 p

16. Маханько, О.В. Несовместимость при межвидовой и внутривидовой гибридизации диплоидного картофеля и пути ее преодоления Дисс.... канд. биол. наук 03.00.15/ Ин-т генетики и цитологии АН Беларуси. – Минск, 2011. –с.

17. Hermsen, J.G.Th. Barriers to hybridization of *Solanum bulbocastanum* Dun. and *S. verrucosum* Schlechtd. and structural hybridity in their F1 plants / J.G.Th. Hermsen, M.S. Ramanna // Euphytica. – 1976. – Vol. 25. – P.1-10.

18. Ермишин, А.П. Создание линий-посредников с sc-системой от *Solanum verrucosum* для преодоления межвидовой несовместимости у картофеля / А.П. Ермишин, Ю.В. Тельцова, А.В. Савчук, О.В. Маханько // Отдаленная гибридизация. Современное состояние и перспективы развития: материалы Междунар. конф. по отдаленной гибридизации, Москва, 16-17 декабря 2003 г. / Главный бот. сад им. Н.В. Цицина РАН – М. Издательство МСХА, 2003. – С. 96-100

19. Ермишин, А.П. Несовместимость при межвидовой и внутривидовой гибридизации диплоидного картофеля и пути ее преодоления / А.П. Ермишин // Вести НАН Беларуси. Сер. биол. наук. 2001.– № 3. – С.105–118.

20. Jansky, S.H The use of *Solanum verrucosum* as a bridge species/ Jansky S.H, Hamernik A.J. // Genet. Resources and Crop Evolution. – 2009. – V. 56(8). – P. 1107-1116

21. Полюхович, Ю.В. Эффективность гибридизации между *Solanum Verrucosum* SCHLTDL и 1EBN дикими диплоидными видами

картофеля с использованием приема доопыления цветков пыльцой *S. Phureja* IVP 35 / Ю. В. Полюхович и др. // Доклады Национальной академии наук Беларуси – 2011. – Т. 55, № 3. – С. 92–96

22. Методические указания по цитологической и цитоэмбриологической технике (для исследования культурных растений)/ Л.И.Абрамова [и др.]; под ред. Л.И. Орел. – Л.: ВИР им. Н.И. Вавилова. – 1982 – 118с.

23. Hawkes, J. Evolutionary relationships of wild and cultivated potatoes / J. Hawkes // Informationssystem Genetische Ressourcen [Electronic resource]. – 2004. – Mode of access: http://www.genres.de/infos/pdfs/bd04/04_06.pdf. – Date of access: 31.10.2008.

24. Воронкова, Е.В. Диплоидные гибриды между аллотетраплоидными дикими видами картофеля *Solanum acaule* Bitt., *Solanum stoloniferum* Schltdl. и дигаплоидами *Solanum tuberosum* L. / Е.В. Воронкова, В.М. Лисовская, А.П. Ермишин // Генетика. – 2007. – Том 43, № 8. – С. 882–890

SOLANUM VERRUCOSUM UTILIZATION FOR UNILATERAL INCOMPABILITY OVERCAMING IN CROSS WITH POTATO WILD ALLOTETRAPLOID SPECIES

POLIUKHOVICH Y.V., VORONKOVA E.V., SAVCHUK A.V., YERMISHIN A.P.

SUMMARY

*It was demonstrated for the first time that it is possible to produce plump seeds and viable hybrids in crosses between self-compatible diploid 2 EBN species *Solanum verrucosum* (female parent) and allotetraploid 2 EBN potato species as male parent. The obtained results made ground for the conclusion that elimination of the barriers of prezygotic incompatibility due to use of *S. verrucosum*, which is characterized by the lack of style S-RNases, sufficed for overcoming incompatibility in majority of cases of such crosses. The possibility has been shown of selection among produced interspecific hybrids of some quantity of fertile, presumably diploid seedlings along with common sterile triploid ones.*

*Key words: potato, *Solanum verrucosum*, *S. acaule* *S. stoloniferum*, pre-postzygotic incompatibility, incompatibility overcoming, interspecific hybridization, viability of interspecific hybrids*

Поступила в редакцию 30.04.2013 г.

УДК 635.21[631. 524.86 + 602.6 (476)]

СОЗДАНИЕ ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА КАРТОФЕЛЯ УСТОЙЧИВОГО К ФИТОФТОРОЗУ НА ОСНОВЕ СОМАТИЧЕСКИХ ГИБРИДОВ МЕЖДУ ТЕТРАПЛОИДНЫМ *SOLANUM TUBEROSUM* И *S. BULBOCASTANUM*

Яковлева Г.А., Семанюк Т.В., Родькина И.А.

РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству», Республика Беларусь

E.mail: y_galina@tut.by

РЕЗЮМЕ

*Исходный материал, перспективный для селекции картофеля на устойчивость к фитофторозу создан на основе соматических гибридов между тетраплоидным образцом культурного картофеля 78563-76 и *S. bulbocastanum* (SH_{SB}). Для стабилизации генома соматических гибридов SH_{SB} и получения первых жизнеспособных сеянцев от их свободного опыления и скрещиваний с фертильными селекционными образцами 88.16/20, 88.14/34 в направлении SH_{SB} × tbr, 4х потребовалось 4 года вегетативного размножения. Половые поколения соматических гибридов получены в период 2000–2012 гг., в том числе: первое половое поколение – 2000–2004, второе – 2003–2008, третье – 2006–2012. Исходные формы для селекции на устойчивость к фитофторозу отобраны среди гибридов второго и третьего поколений соматических гибридов SH_{SB}.*

Ключевые слова: картофель, соматические гибриды, половые поколения, фитофтороз, устойчивость

ВВЕДЕНИЕ

Мексиканский вид *Solanum bulbocastanum* отличается наличием образцов с высокой устойчивостью к фитофторозу [1] и практическая недоступность для половой гибридизации с *S. tuberosum*, присущая дикорастущим видам картофеля с балансовым числом эндосперма (EBN), равным 1. Проблема сохраняется и при скрещиваниях между дигаметами картофеля и видами с EBN = 1: *S. etuberosum*, *S. pinnatisectum*, *S. jamesii*, *S. bulbocastanum* [2]. Принципиально новым способом, который может быть использован для преодоления межвидовых, межродовых, межсемейственных барьеров является слияние протопластов соматических клеток исходных партнеров, происходящее при соматической гибридизации.

Возможность практического использования межвидовых соматических гибридов картофеля в большинстве случаев ограничена их низкой фертильностью. Соматические гибриды картофеля получены

между *S. tuberosum* и более чем 30 видами рода *Solanum*, из которых у гибридов с 10 малодоступными для традиционной селекции дикими видами отмечено наличие желаемого признака устойчивости в половых поколениях [3]. При определении перспективности созданных межвидовых соматических гибридов картофеля необходимо провести их тестирование на фенотипическое проявление присущего дикому виду признака устойчивости и оценку их способности цвести, завязывать ягоды с полноценными семенами и скрещиваться с культурным картофелем. В лаборатории биотехнологии РУП «НПЦ НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству» выполнены исследования по получению соматических гибридов между *S. tuberosum* и *S. bulbocastanum* и оценке их перспективности для селекции картофеля [4–8].

Цель настоящей работы – создание исходного материала для селекции картофеля на основе межвидовых соматических гибридов с фенотипическим проявлением устойчивости, присущей использованному образцу мексиканского вида *S. bulbocastanum*.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Исследования проводили в 2000–2012 годах.

Объекты исследования – линии соматических гибридов комбинации: SB – 78563-76 (*S. tuberosum*, 4x) + Sb (*S. bulbocastanum*).

Условия и способы оценки фенотипического проявления признаков устойчивости к болезням описаны ранее: Y-вирусу картофеля – [9], фитофторозу ботвы в условиях искусственного – [7] и естественного фонов – [5, 7], – клубней [5].

Условия проведения скрещиваний с тетраплоидными селекционными образцами в направлении, представленном на рисунке 1, изложены в статье [6].

$$\text{SH (tbr + blb)} \times \text{S. tuberosum} = \text{BC1}$$

↓

$$\text{BC1} \times \text{S. tuberosum} = \text{BC2}$$

↓

$$\text{BC2} \times \text{S. tuberosum} = \text{BC3}$$

Рисунок 1 – Направления скрещиваний с участием соматических гибридов и их полового потомства

SH – соматический гибрид, BC1 – половое поколение первого беккросса, BC2 – половое поколение второго беккросса, tbr – *S. tuberosum*, blb – *S. bulbocastanum*. Аббревиатура видов *Solanum* дана по [10].

Для ПЦР-идентификации гена устойчивости *RB* из *S. bulbocastanum* был использован SCAR-маркер RGA2 (*Rpi-blb1*, *RB*₆₃₈), разработанный учеными из России [11].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Характеристика исходных родителей-партнёров и соматических гибридов SB по устойчивости к фитофторозу

Образец Sb мексиканского вида *S. bulbocastanum* (дикий партнер в комбинации соматической гибридизации SB) отличается стабильно высоким уровнем устойчивости к фитофторозу ботвы и клубней, подтвержденный результатами многолетних экспериментов (1996–2011 гг.) по искусственному заражению растений и клубней с использованием местных изолятов *Phytophthora infestans*, собранных в годы, различающиеся по развитию фитофтороза. Эпифитотия фитофтороза (развитие фитофтороза >50%) отмечена на территории Беларуси в 1996, 1998, 2000, 2001, 2006, 2009, 2011 и 2012 годах. Для образцов *S. bulbocastanum* коллекции видов *Solanum*, депонируемых в лаборатории биотехнологии *in vitro*, характерна внутривидовая дифференциация по устойчивости к фитофторозу и наличию гена *RB* [12]. Ген *RB* содержат пять из 11-ти образцов *S. bulbocastanum*, включая Sb.

Наиболее высокий уровень устойчивости к фитофторозу ботвы (лист, стебель, верхушка растения) культурного родителя-партнёра 78563-76 комбинации соматической гибридизации SB при выращивании в естественных условиях поля без защиты фунгицидами был отмечен в 2002 году при депрессивном развитии заболевания в Беларуси [13] и соответствовал $5,5 \pm 0,2$ балла на 22.08.2002. На протяжении всех лет наблюдений устойчивость сортообразца 78563-76 к фитофторозу ботвы при эпифитотиях болезни не превышала 3 балла и в 2012 г. в конце августа была равна $2,0 \pm 0,2$. Устойчивость к фитофторозу при искусственном заражении целых клубней была немного выше и варьировала в период наблюдений с 1998 по 2012 годы от 1 до 5,8 баллов. Культурный партнёр комбинации соматической гибридизации SB не содержит ген устойчивости к фитофторозу *RB* из *S. bulbocastanum*, но содержит ген устойчивости к фитофторозу *R1* из *S. demissum*, который отсутствует у дикого родителя Sb [5]. Наличие гена *R1* не обеспечивает эффективной защиты 78563-76 от фитофтороза ботвы и клубней.

Все линии соматических гибридов комбинации SB содержат в геноме ген устойчивости к фитофторозу *RB* из *S. bulbocastanum*, и сохраняют устойчивость к фитофторозу ботвы и клубней в течение более 10-ти лет выращивания без использования средств защиты [5,7,8].

Характеристика исходных родителей-партнёров и соматических гибридов SB по устойчивости к Y-вирусу картофеля

Исследования по оценке на устойчивость к инфицированию YВК для соматических гибридов и дикого родителя Sb комбинации SB были предприняты после передачи гибридов в лаборатории исходного материала и селекции и подозрений на их зараженность Y-вирусом в связи с присущим отдельным линиям соматических гибридов SB морфологическим признакам (морщинистость и хлороз листовой пластинки, краевые некрозы листьев), напоминающих симптомы

поражения YBK. Испытания на устойчивость к Y-вирусу проводили с использованием 2-х методов искусственного заражения: прививки черенков анализируемых образцов на инфицированные различными штаммами YBK растения томата (растения-накопители вируса) и механической инокуляции растений тестируемых образцов вирусом Y с последующим их анализом на наличие инфекции визуально по симптомам вироза и инструментально (титр ИФА, значения абсорбции) [9].

Тестирование образца Sb на устойчивость к Y-вирусу методом механической инокуляции выполнено в 2007 г., прививки – в 2001, 2003, 2008 и 2009 годах (таблица 1).

Таблица 1 – Оценка образца Sb мексиканского вида *S. bulbocastanum* – дикого родителя комбинации соматической гибридизации SB на устойчивость к Y-вирусу картофеля при искусственном заражении

Заражение Sb вирусом Y			Характеристика растений привоев Sb		*Тип устойчивости
Год	Метод	Штамм	По фенотипу	По титру ИФА	
2007	Механическая инокуляция	Y ⁰ + Y ^N	Норма	-0,036; -0,038; -0,036; -0,032; -0,036; -0,035; -0,036; -0,040; -0,032; -0,026; -0,031	И
2001	Прививка черенка Sb на растения-инфекторы (томат)	Y ⁰ + Y ^N	Некрозы у 2-х привоев	Среднее 3-х привоев -0,028	СВЧ
2003		Y ⁰	Норма	-0,004; -0,006; +0,002	ВУ
		Y ^N	Норма	+0,006; -0,003; +0,004	ВУ
2008		Y ⁰ + Y ^N	Неразвиты	-0,069; -0,023	ВУ
2008		Y ⁰	Некроз верхушки	-0,76	ВУ, СВЧ
		Y ^{NTN}	Неразвиты	-0,109; -0,045	ВУ
2009		Y ⁰	Слабый хлороз	-0,003; -0,008	ВУ
		Y ^N	Слабый хлороз	-0,003; -0,001	ВУ
		Y ^{NTN}	Слабое развитие	-0,009; 0,0	ВУ
2009		Y ⁰	Единичные некрозы	-0,015; -0,005	ВУ
		Y ^N	Норма	-0,004; -0,007	ВУ
		Y ^{NTN}	Некроз	-0,019	СВЧ

*[9]: ВУ – высокая устойчивость (отсутствие симптомов вироза и отрицательный титр ИФА при заражении конкретным штаммом YBK), И –

иммунитет (ВУ независимо от штамма YBK), СВЧ – сверхчувствительность (некротическая реакция на заражение YBK, отрицательный титр ИФА).

Согласно результатам многолетних экспериментов образец Sb мексиканского вида *S. bulbocastanum* проявляет высокую степень устойчивости к заражению обычным (Y^0) и некротическими (Y^N , Y^{NTN}) штаммами Y-вируса картофеля и может быть отнесен к образцам с иммунитетом или крайней устойчивостью к YBK. При устойчивости по типу иммунитет (крайняя устойчивость) не исключается возможность частичной некротической реакции при инфицировании растения вирусом [14-16]. Некрозы были отмечены в отдельные годы при искусственном заражении образца Sb различными штаммами Y-вируса картофеля (таблица 1). Следует также учесть высказываемое в литературе мнение, что реакция сверхчувствительности у диких видов защищает от всех штаммов вируса, а у культурных сортов имеет расоспецифический характер [15].

Тесты с прививкой на инфицированные обычным и некротическим штаммами YBK растения томата для оценки устойчивости сортообразца 78563-76 к заражению вирозом были выполнены дважды в 2001 и 2005 годах. Привои 78563-76 в 2001 году проявили симптомы поражения Y-вирусом в виде морщинистой мозаики листьев и имели значения абсорбции $>0,1$ (+0,116; +0,257; +0,766), что свидетельствовало о тяжелом поражении вирозом. В 2005 г. на привоях 78563-76 наблюдали хлороз и положительные значения титра ИФА, максимальное из которых составило +0,064. Таким образом, 78563-76 не обладает признаком устойчивости к Y-вирусу картофеля.

Ни одна из линий соматических гибридов комбинации SB, не проявила в тесте с прививкой (SB3-1, SB3-2, SB5-2, SB6-7, SB7, SB10) симптомов вироза, помимо некроза [9]. Положительные значения титра ИФА были отмечены только у привоев на томат сорта «Невский», инфицированный Y^{NTN} для линии SB7 (0,010 у одной из 5 прививок) и Y^N – SB10 (0,027 у одной из двух прививок). Для гибрида SB6-7 и, возможно, SB5-2 характерна устойчивость к YBK по типу иммунитет, SB3-1, SB3-2 – сверхчувствительность, линии SB7, SB10 высоко устойчивы к обычному штамму (Y^0) и устойчивы к некротическим штаммам [7,9].

Характеристика фертильности исходных родителей-партнёров и соматических гибридов SB

Для оценки фертильности межвидовых соматических гибридов между 78563-76 и *S. bulbocastanum* определили их способность к цветению, спонтанному образованию ягод, генерации жизнеспособного полового потомства от свободного опыления и в кроссах с тетраплоидным *S. tuberosum*. Тетраплоидный образец культурного картофеля 78563-76 обильно цветёт. Ягоды образуют до 50% цветков, в среднем в одной ягоде присутствует более 100 жизнеспособных семян, способных к прорастанию.

Образование цветков у образца Sb мексиканского вида *S. bulbocastanum* происходит нерегулярно, ягоды отсутствуют.

В популяции гибридов комбинации SB первоначально преобладали растения с морфологическими аномалиями, которые в т.ч. затрагивали цветок, проявляясь в непропорциональном развитии лепестков, тычинок и пестиков. Способность цвести проявили 20 из 34 соматических гибридов.

Различные морфологические аномалии являются частым следствием слияния протопластов, при котором происходит объединение нескольких, как правило, плохо совместимых геномов с различным уровнем хромосом и балансового числа эндосперма. При вегетативном размножении наблюдали уменьшение доли аномальных растений, что сопровождалось улучшением их генеративной сферы (репродуктивной функции) [3].

Соматические гибриды SB в течение первых 3-х лет выращивания (1996-1998 гг.) проявили способность к спонтанному образованию бессемянных ягод.

Первые ягоды с семенами от свободного опыления и кроссов с участием соматических гибридов SB с мексиканским видом *S. bulbocastanum* и тетраплоидом *S. tuberosum* были получены в 4-м клубневом поколении соматических гибридов (2000 г.) после предварительной стабилизации посредством вегетативного размножения.

В сезон 2000 года с растений 3-х соматических гибридов SB3-2, SB5-2, SB6-7 было собрано 25 ягод. Семь ягод гибрида SB3-2 содержали зачатки семян, одна ягода SB5-2 – 10 полноценных семян. Семена в количестве 89 шт., были обнаружены в двух ягодах из 17-ти, полученных для гибрида SB6-7, в то время как 15 ягод были без семян или содержали их зачатки. В 2000 г. были выполнены первые успешные беккроссы с использованием в качестве опылителей фертильных образцов 88.14/34 и 88.16/20, любезно предоставленных И.М. Яшиной из НИИКХ РФ.

В скрещиваниях 2002 г. на 6-й год вегетативного размножения клубнями гибридов SB получено жизнеспособное потомство в комбинациях, где отцовской формой был сортообразец 951997-5 белорусской селекции. В сумме за 2000-2002 гг. нами выполнена 101 комбинация скрещиваний с использованием 20 линий соматических гибридов в качестве материнских форм и 21 образца культурного картофеля в качестве отцовской и собрано 33 ягоды от 2185 опыленных бутонов (1,51%).

Ягоды получены с гибридами SB3-1, SB3-2, SB5-2, SB6-7, SB7 в 12 комбинациях скрещиваний по схеме $SH_{SB} \times tbr$, 4х из 38 выполненных (таблица 2). В комбинациях SB3-2 $\times$ Лань, SB3-2 $\times$ 911776-47 ягоды были без семян. Ботанические семена (12 шт.), полученные в комбинации SB3-2 $\times$ Каприз, были нежизнеспособны и не проросли в культуре *in vitro*.

В 9-ти комбинациях получены сеянцы BC1. Из 33 ягод, собранных в первом беккроссе, 8 (24,2%) не содержали семян. Семена в количестве 560 выделены из 25 ягод. Вследствие малого количества семян, выделенных из одной ягоды (3 – 50), их проращивали в оптимальных условиях *in vitro* на

агаризованной питательной среде Мурасиге-Скуга (МС) [17]. Из 560 семян регенерировано 356 сеянцев, всхожесть в культуре *in vitro* составила 63%.

Таблица 2 – Результативность половой гибридизации с соматическими гибридами SB в направлении $SH_{SB} \times S. tuberosum$ (4х) (2000–2002 гг.)

SH* ♀	Характеристика комбинаций половой гибридизации						Сеянцы гибридов BC1, шт.
	Количество комбинаций, шт.		Количество ягод, шт.		Количество семян, шт.		
	общее	с ягодами	всего	с семенами	всего	в 1-й ягоде	
SB3-1	5	1	1	1	27	27	14
SB3-2	10	5	14	8	130	16,3	67
SB5-2	12	2	9	6	197	32,8	129
SB6-7	2	2	2	2	28	14,0	11
SB7	9	2	7	6	178	29,7	135
Итого	38	12	33	25	560	22,4	356

*: SH – соматический гибрид.

Таким образом, женская фертильность по показателю – генерация жизнеспособных сеянцев от свободного опыления и кроссов с селекционными образцами соматических гибридов SB установлена для 5-ти гибридов: SB3-1, SB3-2, SB5-2, SB6-7, SB7 после вегетативного размножения клубнями в течение 4-х лет, по-видимому, необходимых для стабилизации их генотипа. Для регенерации растений из ботанических семян комбинаций первого полового поколения соматических гибридов наиболее оптимальным является их проращивание на питательной среде в условиях культуры *in vitro*.

Вовлечение половых поколений соматических гибридов SB в скрещивания с селекционными образцами картофеля

Первое половое поколение было получено в период с 2000 по 2004 годы (таблица 3) для пяти соматических гибридов SB3-1, SB3-2, SB5-2, SB6-7, SB7, но сеянцы гибрида SB3-1 отличались диким морфотипом и были исключены из дальнейших экспериментов. Скрещивания по схеме $SH_{SB} \times tbr,4x$, выполненные селекционерами института на 7-ой год вегетативного размножения клубнями соматических гибридов SB (2003 г.), были много семенные. Ягоды с семенами получены в 3-х комбинациях из 18-ти: SB5-2 × Фельзина, SB5-2 × Фелокс, SB5-2 × 962100-12. Семена 3-х комбинаций (1746 шт.: 146 – Фельзина, 300 – Фелокс, 1300 – 962100-12) высеяли в условия теплицы, где получили 514 растений (всхожесть в условиях *in vivo* 29,4%). В мало семенной комбинации SB5-2 × 982208-14, выполненной селекционерами в 2004 г., семена (50 шт.) прорастили *in vitro* с регенерацией 48 сеянцев (всхожесть 96 %).

Таблица 3 – Получение половых поколений соматических гибридов SB: 78563-76 (*tbr*,4х) + Sb (*blb*)

Годы проведения гибриди-зации	Половые поколения соматических гибридов SB		Успешные комбинации в половых поколениях соматических гибридов SB	
	Номер	Формула ♀	Схемы скрещиваний	Количество
2000 – 2004	1-ое	F1, BC1	BC1 (F1) × <i>tbr</i> , 4х	12
2003 – 2008	2-ое	F2, F1BC1, BC1F1, BC2	BC2 (F2, F1BC1, BC1F1) × <i>tbr</i> , 4х	48
2006 – 2012	3-е	F3, F1BC1F1, BC2F1, BC3	BC3 (F3, F1BC1F1, BC2F1) × <i>tbr</i> , 4х	51

Обозначения: SH = соматический гибрид. Первое половое поколение соматического гибрида: F1 = свободное опыление SH, BC1 = SH × *tbr*, 4х. Второе половое поколение соматического гибрида: F2 = свободное опыление F1, F1BC1 = (свободное опыление SH) × *tbr*, 4х, BC2 = BC1 × *tbr*, 4х, BC1F1 = свободное опыление BC1. Третье половое поколение соматического гибрида: F3 = свободное опыление F2, F1BC1F1 = свободное опыление F1BC1, BC3 = BC2 × *tbr*, 4х, BC1F2 = свободное опыление BC1F1, BC2F1 = свободное опыление BC2.

Гибриды первого полового поколения соматических гибридов SB в качестве материнской формы скрестили с сортообразцами картофеля. Для гибрида SB6-7, являющегося наименее результативным в скрещиваниях с *S. tubersum*, 4х, показана эффективность использования в дальнейших кроссах в качестве материнской формы генотипов от свободного опыления SB6-7 (таблица 4). 29 гибридов (F1, BC1) использовали в качестве материнской формы в кроссах с *S. tuberosum*, 4х. В качестве опылителей использовали 22 сорта и гибрида. Для 10 опылителей: сорта – Бриз, Блакит, Крыница, Соната, Акцент, Рагнеда, Янка, гибриды – 002336-8, 962100-12, 182-99-12 получены ягоды с семенами. С использованием первого полового поколения (BC1, F1) соматических гибридов SB в качестве материнской формы за 2003-2008 годы выполнена 131 комбинация скрещивания. В таблице 4 учтено 90 комбинаций с фертильными материнскими формами, завязавшими ягоды, хотя бы в одной из выполненных комбинаций. Образование ягод отмечено для 30 комбинаций, в сумме собрано 114 ягод. В комбинациях BC1_{SH} × *tbr*,4х семена содержали 54,2% завязавшихся ягод с количеством семян в ягоде от 16,3 до 122,2 штук. Все ягоды комбинаций F1_{SB6-7} × *tbr*,4х содержали семена, количество которых в 3-х из 4-х комбинаций превышало 600 штук, а количество семян в одной ягоде варьировало в пределах 38,3–226. Ягоды, собранные в половом потомстве соматических гибридов SB, как правило, выполнены и содержат полноценные семена. Всхожесть семян в условиях теплицы была в пределах 18-87% на комбинацию.

Таблица 4 – Характеристика комбинаций второго полового поколения соматических гибридов SB с фертильными материнскими формами

Материнская форма			Результативность половой гибридизации BC1 (F1) × tbr, 4x				
			Комбинации, шт. всего / с ягодами	Ягоды, шт. всего / с семенами	Семена, шт. Всего / в 1 ягоде	Высеяно: in vivo / in vitro	Сеянцы, шт. / формула
Sc14-40	BC1	SB3-2	8 / 1	2 / 2	43 / 21,5	0 / 43	35 / BC2
432-40	BC1	SB5-2	1 / 1	5 / 5	611 / 122,2	200 / 0	81 / BC2
312-53	BC1	SB5-2	8 / 1	3 / 3	61 / 20,3	0 / 61	50 / BC2
Sc5-19	BC1	SB5-2	23 / 2	11 / 10	407 / 40,7	365 / 42	200 / BC2
Sc5-22	BC1	SB5-2	13 / 1	2 / 2	188 / 94	188 / 0	165 / BC2
Sc6-87	BC1	SB7	10 / 7	34 / 8	130 / 16,3	130 / 0	24 / BC2
Sc6-97	BC1	SB7	8 / 1	2 / 2	41 / 20,5	н/д	н/д
Sp1-37	F1	SB6-7	10 / 7	19 / 19	727 / 38,3	600 / 127	348 / F1BC1
Sp1-47	F1	SB6-7	6 / 6	19 / 19	2067 / 108,8	1293 / 0	649 / F1BC1
Sp1-57	F1	SB6-7	2 / 2	16 / 16	3617 / 226	674 / 0	453 / F1BC1
Sp1-71	F1	SB6-7	1 / 1	1 / 1	143 / 143	143 / 0	74 / F1BC1

SH* - соматический гибрид в родословной

Присутствие в половых поколениях соматических гибридов SB генетических элементов *S. bulbocastanum* выявлено на электрофореграммах белков паренхимы клубней по наличию компонент, специфичных образцу Sb [18].

Скрещивания, направленные на получение третьего полового поколения, были выполнены в 2006–2012 годы (таблица 3).

Для выделения гибридов с хозяйственно ценными признаками последовательно проводили следующие оценки и отборы в первом, втором и третьем половых поколениях соматических гибридов SB:

(1). Оценка на устойчивость к фитофторозу при искусственном заражении сеянцев, мало семенные комбинации – в кассетах, много семенные – в теплице.

(2). Отбор выживших после искусственного заражения гибридов по устойчивости к фитофторозу: а) ботвы на естественном фоне без защиты

фунгицидами на дату последнего учета (по баллу максимального поражения фитофторозом) – 2-3 года; б) клубней при искусственном заражении – 2-3 года.

(3). Отбор фертильных и продуктивных гибридов.

(4). Оценка на устойчивость к УБК в тесте с прививкой на инфицированные некротическими (N, NTN) и обычным (0) штаммами У-вируса растения томата сорта «Невский»

Таблица 5 – Характеристика исходного материала, перспективного для селекции картофеля на устойчивость к фитофторозу, созданного на генетической основе межвидовых соматических гибридов SB: *S. tuberosum*, 4x + *S. bulbocastanum* (естественные условия Беларуси, п. Самохваловичи Минской области, 2010-2012 гг.).

Образец	Устойчивость к фитофторозу				Продуктивность, г/куст		Содержание крахмала-ла, %, 2012	± SC AR RB 638
	Среднее значение, балл		Min-max, балл		Среднее значение	Min-max		
	Ботва а	Клубни	Ботва	Клубни				
BC2: (SB5-2 × tbr, 4x) × tbr, 4x								
501-17**	6,8	8,1	5,0-8,5	6,8-9,0	935	775-1035	13,7	+
501-48	7,3	8,8	7,0-8,0	8,6-9,0	780	730-880	16,9 (2010)	+
503-22**	7,0	8,6	5,0-9,0	7,8-9,0	820	760-915	22,5	+
BC3: [(SB5-2 × tbr, 4x) × tbr, 4x] × tbr, 4x								
815-12	7,9	8,5	7,1-8,7	7,4-9,0	920	515-1340	15,4	+
815-41	8,3	8,6	8,0-9,0	8,2-9,0	750	675-875	13,2	+
815-59**	7,4	8,3	7,0-8,3	7,0-9,0	890	770-1100	21,1	—
815-86	7,1	8,7	6,0-8,0	8,2-9,0	1170	940-1620	17,7	—
815-94	7,9	8,3	6,6-9,0	7,6-9,0	760	680-840	15,7	+
815-95	7,2	8,1	5,7-8,0	7,4-8,8	1225	905-1700	17,0	+
815-99**	7,6	8,4	7,0-8,7	7,1-9,0	1395	1210-1635	17,5	+
816-6	7,7	8,9	7,0-9,0	8,8-9,0	895	610-1200	17,7	+
901-6	8,5	8,4*	8,0-9,0	-	1115	1100-1130	17,2	н/д
901-15	8,0	7,6*	7,0-9,0	-	1345	990-1700	17,0	н/д
901-25	8,0	8,6*	7,0-9,0	-	1115	1100-1130	15,7	н/д
911-7	8,0	7,4*	7,0-9,0	-	1500	1200-1800	20,1	н/д
911-9	7,5	9*	7,0-8,0	-	1440	1380-1500	18,0	н/д
Сорта стандарты поздней группы спелости								
Атлант	4,0	4,6	1,0-5,8	2,6-8,2	885	750-1085	20,1	—
Здабыта к	4,6	8,1	1,0-5,9	7,2-9,0	970	700-1185	23,5	н/д
Сузорье	4,7	5,1	1,0-7,7	2,6-7,0	810	740-945	н/д	—
12-03-2	4,0	5,3	1,0-6,0	4,2-6,0	1020	780-1230	н/д	н/д

* – данные одного года оценки, 2012; ** – иммунные к PVY гибриды

По результатам проведенных оценок в 2006–2012 годах среди гибридов второго и третьего полового поколений соматического гибрида SB5-2 отобран фитофтороустойчивый исходный материал для селекции картофеля (таблица 5). Гибриды BC2 (кроссы 2005 г.) и 815-х и 816-6 (кроссы 2008 г.) из группы BC3 прошли все необходимые оценки и отборы от (1) до (4), учитываемые нами для выделения исходной формы. Среди них присутствуют формы с иммунитетом к YBK (501-17, 503-22, 815-59, 815-99) и геном устойчивости к фитофторозу *RB* по наличию маркера SCAR-RGA. Для гибридов BC3 комбинаций 901 и 911 (кроссы 2009 г.) к настоящему времени выполнены не все запланированные учеты. Гибриды 901-х и 911-х обладают продуктивностью на уровне и выше сортов-стандартов поздней группы спелости, устойчивы к фитофторозу ботвы при эпифитотиях фитофтороза 2011 и 2012 гг., и клубней по данным оценки 2012 г., и могут рассматриваться как исходный материал, перспективный для селекции на устойчивость к *Ph. infestans*.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Межвидовые соматические гибриды SB между тетраплоидным культурным родителем 78563-76 и фитофтороустойчивым образцом Sb мексиканского вида *Solanum bulbocastanum* получены с несовместимыми исходными партнерами и, как следствие, характеризуются первоначальной несбалансированностью (нестабильностью) генома, которая проявляется в различных аномалиях развития. Для стабилизации их генома необходимо 4 года вегетативного размножения, в процессе которого наблюдается уменьшение доли аномальных растений и улучшение их генеративной сферы (репродуктивной функции). Первые ягоды с семенами от свободного опыления и кроссов с участием соматических гибридов SB и высоко фертильных опылителей И.М. Яшиной 88.16/20 и 88.34/14 были получены в 4-м клубневом поколении соматических гибридов (2000 г.).

Женская фертильность по показателю – генерация жизнеспособных семян от свободного опыления и кроссов с селекционными образцами соматических гибридов SB установлена для 5-ти гибридов: SB3-1, SB3-2, SB5-2, SB6-7, SB7. Для регенерации растений из ботанических семян мало семенных комбинаций первого полового поколения соматических гибридов наиболее оптимальным является их проращивание на питательной среде в условиях культуры *in vitro*.

Половые поколения соматических гибридов SB получали с 2000 по 2012 гг., в том числе: первое половое поколение – 2000–2004, второе – 2003–2008, третье – 2006–2012.

Этапы отбора хозяйственно-ценных гибридов в половых поколениях соматических гибридов SB с целью выделения перспективного для селекции картофеля исходного материала включали:

- 1) оценку на устойчивость к фитофторозу семян;

2) отбор выживших после искусственного заражения гибридов по устойчивости к фитофторозу: а) ботвы на естественном фоне без защиты фунгицидами на дату последнего учета (по баллу максимального поражения фитофторозом) – 2–3 года; б) клубней при искусственном заражении – 2–3 года;

3) отбор фертильных и продуктивных гибридов;

4) оценку на устойчивость к УБК в тесте с прививкой.

Перспективный для селекции на устойчивость к фитофторозу исходный материал был выделен во втором и третьем половых поколениях соматических гибридов SB. Отобранные исходные формы отличаются продуктивностью на уровне и выше сортов-стандартов поздней группы спелости, сохранение устойчивости к фитофторозу ботвы и клубней при выращивании в условиях эпифитотии болезни. Среди исходных форм выделены гибриды с иммунитетом к У-вирусу картофеля.

Литература

1. Каталог мировой коллекции ВИР. Виды картофеля Мексики и их значение для селекции / К.З. Будин [и др.]; под. ред. К.З. Будина. – Л.: ВИР, 1989. – В. 439. – 88 с.

2. Ермишин, А.П., Воронкова, Е.В., Козлов, В.А. Картофель // Генетические основы селекции растений. В 4 т. Т. 2. Частная генетика растений / науч. ред. А.В. Кильчевский, Л.В. Хотылева. – Минск: Беларус. Навука, 2010. – Гл. 4. – С. 156-234.

3. Яковлева, Г.А. Соматическая гибридизация и клеточная селекция картофеля (*Solanum tuberosum* L.) // Генетические основы селекции растений. В 4 т. Т. 3. Биотехнология в селекции растений. Клеточная инженерия / науч. ред. А.В. Кильчевский, Л.В. Хотылева. – Минск: Беларус. Навука, 2012. – Гл. 4. – С. 217-250.

4. Семанюк, Т.В. Слияние протопластов и регенерация растений в роде *Solanum* при участии *S. bulbocastanum* / Т.В. Семанюк, Г.А. Яковлева, С.В. Монархович // Биология клеток растений *in vitro* и биотехнология: тезисы IX Междунар. конф., Звенигород, 8-12 сент. 2008 г. / РАН, Институт физиологии растений им. К.А. Тимирязева, МГУ. – Звенигород, 2008. – С. 340-341.

5. Яковлева, Г.А. Устойчивость соматических гибридов картофеля с *Solanum bulbocastanum* к фитофторозу и присутствие генов *R1* и *RB* / Г.А. Яковлева и [др.] // 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. 81-93.

6. Яковлева, Г.А. Вовлечение межвидовых соматических гибридов *S. bulbocastanum* в селекционный процесс картофеля / Г.А. Яковлева, Т.В. Семанюк, С.В. Монархович // 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. 54-64.

7. Яковлева, Г.А. Интрогрессия признаков устойчивости к фитофторозу и вирусу Y в культурный картофель от мексиканского вида *Solanum bulbocastanum* посредством соматической гибридизации / Г.А. Яковлева, Т.В. Семанюк, И.А. Родькина, А.С. Корецкий // Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Агрономія і біологія» – 2010. – випуск 10(20). – С. 90-99.

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

9. Яковлева, Г.А. 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.

10. Hawkes, J.G. The potato. Evolution, biodiversity and genetic resources / J.G. Hawkes // Smithsonian Institution Press. - USA, 1990. – 259 p.

11. Бекетова, М.П. ДНК-маркеры для селекции картофеля методом интрогрессивной гибридизации / М.П. Бекетова [и др.] // Картофелеводство России: актуальные проблемы науки и практики: материалы Международного конгресса «Картофель. Россия-2007», Москва, 2007 г. / ФГНУ «Росинформагротех»; под общ. ред. А.А.Жученко. – Москва, 2007. – С.12-17.

12. Яковлева, Г.А. Формирование национальной признаковой коллекции дикорастущих видов картофеля, депонируемых *in vitro*/ Г.А. Яковлева и [др.] // Интродукция, сохранение и использование биологического разнообразия мировой флоры: материалы Междунар. конф., посвященной 80-летию Центрального ботанического сада Национальной академии наук Беларуси, Минск, 19-22 июня 2012 г. / Нац. акад. Наук Беларуси, Централ. ботан. сад; редкол.: В.В. Титок [и др.] / Минск, 2012. – Ч.2. – С. 355-358.

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

14. Росс, Х. Селекция картофеля. Проблемы и перспективы. / Перевод с англ. В.А. Лебедевой, под редакцией И.М. Яшиной, 1989. – Москва, ВО «Агропромиздат». – 183 с.

15. Скларова, Н.П., Яшина И.М., Симаков Е.М., Жарова В.А., Кучумов В.О. Глава 6. Селекция в кн.: Картофель России / Под редакцией

А.В. Коршунова. – М., 2003. – С. 166-292. 6.1.4.1 Устойчивость к вирусам, С. 193-208.

16. Гавриленко, Т.А., Антонова О.Ю., Рогозина Е.В. Создание устойчивых к вирусам растений картофеля на основе традиционных подходов и методов биотехнологии. В кн. Идентифицированный генофонд растений и селекция, Санкт-Петербург: ГНЦ РФ ВИР, 2005. – С. 644-662.

17. Murashige, T. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures / T. Murashige, F. Skoog // *Physiol. Plant.* – 1962. – Vol. 15, № 13. – P. 473-497.

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

CREATION PREBREEDING MATERIAL OF POTATO RESISTANT TO LATE BLIGHT FROM INTERSPECIFIC SOMATIC HYBRIDS BETWEEN TETRAPLOID CULTIVATED 78563-76 AND *S. BULBOCASTANUM*

YAKOVLEVA GALINA A., SEMANYUK TAMARA V., RODZKINA INNA A.

SUMMARY

*Prebreeding material of potato, perspective for resistance to late blight was created from somatic hybrids (SH) between tetraploid cultivated potato 78563-76 and *S. bulbocastanum* (SH_{SB}). It is necessary four years of vegetative propagation for stabilization of somatic hybrids and formation of first viable seedlings of their free pollination and crosses with fertile samples of cultivated potato 88.16/20, 88.14/34 in direction SH_{SB} × tbr, 4x. Sexual progenies of somatic hybrids were obtained in the period of 2000 to 2012 years: the first generation – 2000-2004, second – 2003-2008, third – 2006-2012. Initial forms for breeding on resistance to late blight were selected between interspecific hybrids of second and third sexual generations of somatic hybrids.*

Keywords: potato, somatic hybrids, generative progenies, late blight, resistance.

Поступила в редакцию 15.04.2013 г.

УДК 635.21:631.527

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕЗЕРВОВ СЛОЖНЫХ МЕЖВИДОВЫХ ГИБРИДОВ В СЕЛЕКЦИИ КАРТОФЕЛЯ

Евдокимова З.З., Калашник М.В.

ГНУ Ленинградский НИИСХ «Белогорка» Россельхозакадемии

РЕЗЮМЕ

Проведено исследование сложных межвидовых гибридов, полученных с участием дикорастущих видов: S.demissum, S.stoloniferum, S.vernei, S.acaule, S.chacoense и культурного тетраплоидного S.andigenum, по продуктивности, качеству клубней, устойчивости к грибным, бактериальным и вирусным болезням. Выделены хозяйственно-ценные генотипы с комплексной устойчивостью к болезням. На их основе создан новый перспективный селекционный материал, отвечающий требованиям, предъявляемым к сортам.

Ключевые слова: картофель, гибриды, продуктивность, качество клубней, устойчивость, фитофтороз, бактериальная гниль, ризоктониоз, вирусные болезни.

ВВЕДЕНИЕ

Современное состояние сельского хозяйства характеризуется устойчивой тенденцией к росту затрат энергии на единицу продукции, высокой зависимостью величины и качества урожая от погодных условий, всевозрастающей опасностью глобального загрязнения и разрушения природной среды [1]. Для преодоления этих негативных явлений и создания высокопродуктивных сортов картофеля, устойчивых к основным болезням и вредителям, в селекционных программах широко используются дикорастущие виды картофеля. Особую ценность представляют многовидовые гибриды-беккроссы, устойчивые к грибным, бактериальным, вирусным болезням и карантинным объектам, созданные в процессе многолетних исследований в ГНУ Ленинградский НИИСХ «Белогорка». Включение их в селекционный процесс способствует накоплению генов с наибольшей адаптивной ценностью по отношению к специфическим условиям среды и усиливает интенсивность формообразовательных процессов. Это позволяет в более короткие сроки создавать высокопродуктивные скороспелые генотипы с хорошим качеством клубней, устойчивые к наиболее вредоносным патогенам и стрессовым факторам среды. Подтверждением ценности оригинального селекционного материала является создание новых перспективных

сортообразцов с комплексом ценных признаков, отвечающих требованиям, предъявляемым к сортам картофеля.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Селекционная работа по картофелю проводилась в ГНУ Ленинградский НИИСХ «Белогорка» Россельхозакадемии. В скрещиваниях с сортами *S.tuberosum* привлекались дикорастущие виды *S.demissum*, *S.stoloniferum* [2], в последующие годы в селекционный процесс был вовлечен гибридный материал с видами *S.vernei*, *S.acaule*, *S.chacoense* и др. [3].

Закладку селекционных питомников осуществляли в соответствии с «Методическими указаниями по технологии селекционного процесса картофеля» [4], учет урожая и его структуру проводили согласно «Методики исследований по культуре картофеля» [5]. Столовые качества оценивали по методике ВИР. [6]. Исследование гибридов на устойчивость к болезням проводили согласно «Методическим указаниям по оценке селекционного материала на устойчивость к фитофторозу, ризоктониозу, бактериальным гнилям и механическим повреждениям» [7]. Оценку устойчивости осуществляли в поле на естественном инфекционном фоне по грибным, бактериальным и вирусным болезням в соответствии с Международным классификатором СЭВ [8].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В лаборатории селекции картофеля Ленинградского НИИСХ «Белогорка» Россельхозакадемии в 2001-2005 гг. в селекционной программе широко использовались сложные межвидовые гибриды, в происхождении которых участвовали виды: *S.demissum*, *S.andigenum*, *S.stoloniferum* (8889/3, 95100/27); *S.demissum*, *S.andigenum*, *S.stoloniferum*, *S.acaule* (93144/5); *S.demissum*, *S.andigenum*, *S.stoloniferum*, *S.vernei* (943/9); *S.demissum*, *S.andigenum*, *S.vernei* (9625/6); *S.demissum*, *S.andigenum*, *S.chacoense* (9674/38). Вышеперечисленные образцы явились основой для создания нового селекционного материала, поскольку обладали значительно более высокими показателями уровня полевой устойчивости к грибным, бактериальным и вирусным болезням в сочетании с повышенной урожайностью, крахмалистостью и вкусовыми качествами. Средние показатели продуктивности исследуемых межвидовых гибридов находились в пределах 640–910 г/куст, крахмалистость 12,9–20,6%, вкус 5–7 баллов (таблица 1).

Результаты анализа по степени устойчивости к фитофторозу ботвы и клубней в условиях эпифитотийного развития заболевания (2003 г.) дают возможность сделать заключение о том, что все представленные образцы, имеющие различную степень пораженности, ко времени уборки были способны формировать хозяйственно-значимый урожай. Кроме того, исследование их в динамике позволяет дать точную и объективную оценку устойчивости ботвы к проникновению и распространению гриба.

Таблица 1 – Проявление хозяйственно-ценных признаков и устойчивости к болезням у межвидовых гибридов картофеля (2001–2005 гг.)

Селекци -онный номер	Виды, участвующие в происхождения	Про- дук- тив- ность, г/куст	То- вар- ность, %	Крах- малис- тость, %	Вкус, балл	Устойчивость к болезням , балл									
						фитофтороз (2003г.)				бакте- риаль -ные гнили	ризо- кто- ниоз	вирусы			
						листьев			клуб- ней			Х	S	М	Y
						30.07	12.08	26.08							
8889/3	dms, and, sto	640	86	20,6	6,0	9	8	7	9	7	5	8	9	8	9
93144/5	dms, and, sto, acl	760	80	12,9	7,0	9	7	3	8	9	6	6	5	6	8
943/9	dms, and, sto, vm	850	90	19,0	6,0	9	7	5	9	9	7	5	8	3	9
95100/27	dms, and, sto	890	76	16,5	7,5	9	8	7	7	7	6	9	9	8	9
9625/6	dms, and, vm	910	77	16,4	6,0	9	5	1	9	8	5	7	9	5	9
9674/38	dms, and, chc	850	95	15.7	5.0	8	7	5	9	7	3	9	3	8	9

Примечание: dms – S.demissum, and – S.andigenum, sto – S.stoloniferum, vm – S.vernei, acl – S.acaule, chc – S.chacoense

Гибриды 8889/3 и 95100/27 оказались высокоустойчивыми к патогену, а 93144/5 и 9625/6, у которых к концу августа ботва отмерла, более восприимчивыми. Полученные результаты позволяют судить о наличии защитных механизмов к полевой популяции фитофтороза у большинства исследуемых генотипов.

Для практической работы большую селекционную ценность представляет материал, который обладает устойчивостью ботвы и клубней к фитофторе, а также характеризуется другими хозяйственно-значимыми признаками. Результаты анализов показали, что устойчивость клубней исследуемых образцов находится на высоком уровне, незначительное поражение отмечено лишь у гибридов 93144/5 и 95100/27.

Положительные результаты установлены также по устойчивости клубней к бактериальным гнилям (9–7 баллов).

В настоящее время повысились требования к качеству продовольственного и семенного картофеля, в связи с чем особенное значение приобрела устойчивость к парше обыкновенной, ризоктониозу. В условиях Северо-Запада РФ практически ежегодно наблюдается сильное развитие ризоктониоза, поражение паршой обыкновенной не носит такого массового характера. По результатам наших наблюдений высокоустойчивым к ризоктониозу был гибрид 943/9 (7 баллов), восприимчивым – 9674/38 (3 балла), средней степенью устойчивости (6–5 баллов) обладали гибриды 93144/5, 95100/27 и 9625/6.

Важной проблемой является защита от поражения вирусными болезнями, которая усугубляется вегетативным способом размножения картофеля. Наибольшей вредоносностью характеризуется вирус Y, вызывающий быстрое вырождение и резкое снижение урожая. По данным визуальных наблюдений, большинство изучаемых нами гибридов имели очень высокую (9–8 баллов) и высокую (7 баллов) устойчивость к вирусам мозаичной группы. Высокоустойчивыми к комплексу вирусных болезней были гибриды 8889/3, 95100/27, к вирусам X, S, Y – 9625/6 и к вирусам X, M, Y – 9674/38.

Выделенный по хозяйственно-ценным признакам гибридный материал в последующие годы был включен в дальнейший селекционный процесс с целью создания новых перспективных сортобразцов. В настоящее время они изучаются в высших питомниках и готовятся к передаче на Государственное сортоиспытание.

В таблице 2 представлена характеристика основных хозяйственно-ценных признаков раннеспелых (1101/10, 404/5, 5403/2) и среднеранних гибридов (1101/21, 2102/11, 1703/14, 304/25). В раннеспелой группе урожайность товарных клубней на 45 день от всходов составляла в среднем 9–13 т/га при товарности 80–86%. Достоверного превышения над стандартом (сортом Ломоносовский) у перспективных образцов не установлено. В отдельные, благоприятные по погодным условиям годы, урожайность товарных клубней достигала 15–18 т/га.

Таблица 2 – Характеристика перспективных межвидовых гибридов картофеля по хозяйственно-ценным признакам (2010–2012 гг.)

Селекц. номер	Происхождение	Урожайность товарных клубней				Крах-малис-тость, %	Вкус, балл	Устойчивость к болезням , балл 9-1, 2012 г.						
		в ранние сроки		в основную уборку				фитофтороз		бакте-риаль-ные гнили	ризо-ктони-оз	Пар-ша об-ык-новен-ная	альтер-нари-оз	верти-цил-лез
		т/га	товар-ность, %	т/га	товар - ность, %			листьев 16.08	клуб-ней					
стандарт	Ломоносовский	12	86	31	94	15,9	8,0	4	7	8	7	9	9	9
1101/10	Чародей х 943/9	11	84	32	93	17,6	7,5	6	7	7	6	9	9	8
404/5	Скарб х 9674/38	9	80	30	83	14,7	6,5	7	7	9	7	9	7	8
5403/2	95100/27 х 943/9	13	82	34	90	16,5	7,0	6	9	9	5	9	7	9
	НСР ₀₅	2,4 т/га		3.6 т/га										
стандарт	Сударыня	7	68	42	74	17,5	7,0	8	9	9	6	9	9	8
1101/21	Чародей х 943/9	11	65	36	78	16,8	7,0	7	9	9	8	9	9	7
2102/11	9625/6 х Valcora	7	70	30	85	16,5	6,7	6	7	7	9	9	6	9
1703/14	Скарб х 93144/5	9	75	38	98	14,9	6,5	7	9	7	7	9	9	8
304/25	Ласунак х 8889/3	8	73	38	91	15,7	7,0	7	9	9	8	9	7	9
	НСР ₀₅	2,1 т/га		4,3 т/га										

Так в 2011 г. у гибрида 404/5 урожай товарных клубней на 45 день от всходов составил 14 т/га (средний вес 1 товарного клубня 45 г при товарности клубней 77%). У сложного межвидового гибрида 5403/2 эти показатели оказались выше (урожайность 15 т/га, средний вес товарного клубня 49 г товарность клубней 81%).

В основную уборку урожайность товарных клубней в группе раннеспелых сортообразцов находилась в пределах стандарта 30–34 т/га, превышение по крахмалистости установлено у гибридов 1101/10 (17,6%) и 5403/2 (16,5%). У большинства ранних сортов крахмалистость, как правило, невысокая, а вкусовые качества удовлетворительные. У наших образцов уровень содержания крахмала соответствует средним значениям по Международному классификатору СЭВ и даже несколько выше.

Все раннеспелые сортообразцы показали лучшие результаты по устойчивости к фитофторозу листьев, чем стандарт. Наиболее высоким потенциалом характеризовался гибрид 404/5 (7 баллов).

Клубни также обладали высокой устойчивостью к фитофторозу (9–7 баллов) и бактериальным гнилям (9–7 баллов). В средней степени восприимчивость к ризоктониозу проявилась у гибридов 1101/10 и 5403/2, у гибрида 404/5 – высокая устойчивость к грибу. Резистентность к парше обыкновенной, альтернариозу и вертициллезу показали все раннеспелые сортообразцы. Полученные нами результаты свидетельствуют о преимуществе над стандартом перспективных сложных межвидовых гибридов по устойчивости надземной массы к фитофторе, что, несомненно, является важным для раннеспелых сортообразцов.

В группе среднеранних гибридов урожайность товарных клубней в основную уборку составила 30–38 т/га, товарность клубней 78–91%, крахмалистость 14,9–16,8%, вкус 6,5–7,0 баллов. В сравнении со стандартным сортом Сударыня, сформировавшим урожай 42 т/га, у представленных сортообразцов урожайность была существенно ниже. Сорт-стандарт Сударыня, включенный в Реестр селекционных достижений, допущенных к использованию в производстве с 2009 года, обладает высокой урожайностью, отличными вкусовыми качествами, устойчивостью к фитофторозу, парше, бактериальным гнилям, вирусным болезням, золотистой картофельной нематодой [9]. Преимуществом перспективных сложных межвидовых гибридов перед стандартом явилось более высокая товарность, средний вес одного товарного клубня и устойчивость к ризоктониозу.

По результатам предварительного испытания все перспективные сортообразцы устойчивы к раку картофеля, а гибриды 1101/21, 1703/14, 5403/2, 304/25 устойчивы к золотистой картофельной нематодой.

Таким образом, на основании полученных данных установлена ценность раннеспелых гибридов: 404/5, 5403/2, 1101/10 и среднеранних сложных межвидовых гибридов 1101/21, 1703/14, 304/25.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В результате анализа сложных межвидовых гибридов, выведенных с участием дикорастущих видов (*S.demissum*, *S.stoloniferum*, *S.acaule*, *S.vernei*, *S.chacoense*) и культурного тетраплоидного *S.andigenum* выделены продуктивные сортообразцы с высокой товарностью и качеством клубней.

2. Установлен высокий потенциал устойчивости оригинального гибридного материала к грибным, бактериальным, вирусным болезням.

3. На основе изученного гибридного материала созданы новые перспективные скороспелые сортообразцы с высокими иммунологическими характеристиками, которые готовятся для передачи на Государственное сортоиспытание.

Литература

1. Жученко, А.А. Стратегия адаптивной интенсификации сельского хозяйства (концепция). – Пущино, 1994. – 148 с.

2. Осипова, Е.А. Вхождение картофеля в культуру и достижения селекции / Е.А.Осипова // Улучшение культурных растений методами селекции: тр. Северо-Западного НИИСХ. - Белогорка, 1979. – С.233–265.

3. Евдокимова, З.З. Создание исходного материала картофеля для селекции на устойчивость к золотистой картофельной нематодой *Globodera rostochiensis* (Wollenweber,1923)Behrens,1975: автореф. дис.... канд.с.-х. наук 06.01.05. / З.З.Евдокимова. – Ленинград, 1987. - 18с.

4. Методические указания по технологии селекционного процесса картофеля / Отделение растениеводства и селекции Российской Академии с.-х. наук, НИИ картофельного хозяйства им. А.Г.Лорха. – М., 2006. - 70с.

5. Методика исследований по культуре картофеля / Н.А.Андрюшина, и др., ред.коллегия / Отделение растениеводства и селекции Всесоюзной академии с.-х. наук, НИИ картофельного хозяйства им. А. Г.Лорха. - М., 1967. – 264 с.

6. Методические указания по определению столовых качеств картофеля / сост. С.М. Букасов, и др. - Л.: ВИР, 1975. – 16 с.

7. Методические указания по оценке селекционного материала картофеля на устойчивость к фитофторозу, ризоктониозу, бактериальным гнилям и механическим повреждениям / Под ред. А.С. Воловика – М.:ВАСХНИЛ, 1980. – 52с.

8. Международный классификатор СЭВ видов картофеля секции *Tuberaium*(Dun)Buk.рода *Solanum*L / Сост.: СССР - С.Букасов, К.Будин, А.Камераз, В.Лехнович, Л.Костина, Н.Бавыко, В.Корнейчук, ЧССР - Н.Задина, И.Виднер, М.Майор, И.Бареш, В.Одегнал, Н.Баранек. - Л.: ВИР, 1984. – 43с.

USAGE GENETIC RESERVES COMPLEX INTERSPECIFIC HYBRIDS SELECTION OF POTATO.

EVDOKIMOVA Z.Z., KALASHNIK M.V.

SAMMARY

Was held the research of complicated interspecific hybrid , with attended wild species: S.Demisum, S.stoloniferum, S.vernei, S.acaule, S.chacoense and cultural tetraploid S.angidenum, in terms of productivity, quality of tubers, resistance to fungal, bacterial and viral diseases. Allocated economically valuable genotypes with complex resistance to diseases. On their basis created newa promising selections material, meets the requirements of the varieties.

Key words : potato, complex interspecific hybrids, productivity, quality of tubers, stability, late blight, a bacterial rot, rhizoctonia, viral diseases, perspective hybrids

Поступила в редакцию 30.04.2013 г.

УДК: 635.21: 575

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДНК-МАРКЕРОВ В СЕЛЕКЦИИ КАРТОФЕЛЯ

Ермишин А.П.

ГНУ Институт генетики и цитологии НАН Беларуси, Минск

E-mail: A.Yermishin@ igc.bas-net.by

РЕЗЮМЕ

Рассмотрены возможные направления рационального использования ДНК-маркеров в селекции картофеля с учетом генетических характеристик культуры и особенностей селекционного процесса: для определения состава и аллельного состояния генов хозяйственно-ценных признаков в исходном материале, создания мультиплексных тетраплоидных родительских линий, а также формирующих нередуцированные гаметы диплоидных родительских линий с комплексом генов устойчивости к болезням и вредителям. Обобщены результаты, полученные по этим направлениям в лаборатории генетики картофеля Института генетики и цитологии НАН Беларуси.

Ключевые слова: картофель *Solanum tuberosum*, ДНК-маркеры, маркер-ассоциированная селекция, MAS, мультиплексные родительские линии, отбор на диплоидном уровне.

ВВЕДЕНИЕ

Традиционная схема селекции картофеля, как правило, включает гибридизацию сортов или форм культурного картофеля, различающихся по каким-либо признакам, которые желательно соединить в будущем сорте, и отбор среди полученных сеянцев генотипов, отвечающих требованиям, предъявляемым к сортам картофеля выбранного направления селекции. Характерными особенностями картофеля, как объекта селекции, являются автотетраплоидная природа, которая определяет сложный характер наследования признаков, и вегетативный способ размножения. Получаемое гибридное потомство, как и родительские формы, обладает высокой гетерозиготностью, воспроизвести его половым путем невозможно. Отбор лучших сеянцев сильно затруднен в связи с тем, что степень проявления многих важных признаков меняется в ходе их вегетативного размножения: отсутствует корреляция по многим признакам между сеянцами первого года, первой клубневой репродукцией и последующими вегетативными репродукциями. В связи с этими особенностями отбор производят из больших популяций гибридов по результатам многолетних испытаний.

Имеется ряд селекционных признаков у картофеля, в частности, большинство признаков устойчивости к болезням и вредителям, для которых характерно простое менделевское наследование. В основном они кодируются доминантными генами, которые способны оказывать свое действие даже в симплексном состоянии. Большинство из них интрогрессировано в сорта картофеля от диких видов, давно и успешно используются в селекционной практике. Задача селекционера – «собрать» в одном сорте как можно больше таких генов, чтобы получить сорта с комплексной устойчивостью к болезням и вредителям.

Решение названной проблемы значительно упростилось благодаря разработке и внедрению технологии маркер-ассоциированной селекции (MAS-marker assisted selection, marker aided selection – отбора с помощью ДНК-маркеров). Важнейшее преимущество ДНК-маркеров состоит в том, что их использование позволяет проводить оценку селекционного материала по генотипу. При необходимости идентификации в организме того или иного гена такая оценка является более точной, чем оценка по фенотипу. Во многих случаях она менее трудоемка и оказывается более дешевой, ее можно применять в любое время года.

К ряду ценных для селекции картофеля генов разработаны ДНК-маркеры, использование которых позволяет с высокой точностью и воспроизводимостью идентифицировать соответствующие генотипы в гибридных популяциях, имеющих различную генетическую основу (внутривидовые, межвидовые гибриды). Это делает их пригодными для применения в селекционном процессе в рамках MAS. Наиболее широкое применение для целей MAS нашли маркеры к доминантным генам устойчивости к болезням и вредителям (так называемым R-генам) [1].

В связи с названными выше особенностями в селекции картофеля неприменимы подходы использования MAS, которые показали высокую эффективность в селекции диплоидных культур, размножаемых половым путем. В частности, в селекции картофеля невозможно использовать MAS для переноса дополнительных генов устойчивости к болезням и вредителям с помощью беккросса, что успешно делается в селекции самоопыляемых культур или при создании родительских линий гетерозисных гибридов. Нерациональной также представляется оценка по ДНК-маркерам большого числа гибридных семян картофеля на ранних этапах селекционного процесса, поскольку большая часть из них будет выбракована в процессе испытания клубневых поколений из-за низкой продуктивности, неудовлетворительных показателей морфологических признаков растения (длинных столонов, раскидистости куста и др.) и клубней (неправильной формы, глубоких глазков и др.).

В настоящей работе рассмотрены возможные направления рационального использования MAS в селекции картофеля с учетом генетических характеристик культуры и особенностей селекционного процесса, обобщены результаты, полученные по этим направлениям в лаборатории генетики картофеля Института генетики и цитологии НАН Беларуси.

Использование ДНК маркеров для детекции хозяйственно ценных генов у селекционного материала

Применение ДНК-маркеров в селекции картофеля имеет наибольшее значение при оценке исходного материала. Информация о наличии определенных хозяйственно-ценных генов, в частности, генов устойчивости к болезням и вредителям, позволяет оптимизировать подбор родительских форм, прогнозировать вероятность отбора обладающих желательными признаками сеянцев среди гибридов, полученных в результате их скрещивания.

В лаборатории генетики картофеля Института генетики и цитологии НАН Беларуси было проведено изучение на предмет наличия ДНК—маркеров генов устойчивости к болезням и вредителям большой коллекции селекционного материала картофеля (в общей сложности 105 образцов). Она включала 84 сорта, в том числе селекции Республики Беларусь (35 сортов), России (12 сортов), Германии (15 сортов), Нидерландов (13 сортов), США (7 сортов), Франции (1 сорт), Украины (3 сорта), Польши (1 сорт), Болгарии (1 сорт), а также более 20 перспективных гибридов, полученных в отделе селекции и лаборатории исходного материала РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству».

Для изучения коллекционных образцов на основе данных литературы и собственных экспериментов был проведен отбор ПЦР-маркеров и методик для идентификации в генотипах картофеля генов вертикальной устойчивости к патогенам, наиболее распространенным и вредоносным на территории Беларуси. В работе использовали 13 маркеров, для которых были апробированы и оптимизированы соответствующие методы ПЦР-анализа [2].

Частоты встречаемости тех или иных маркеров существенно различались в зависимости от происхождения генов устойчивости (таблица 1). Наибольшая частота характерна для маркеров генов, интрогрессированных в культурный картофель от *S. andigenum*. В частности, маркер CP113 гена *H1* устойчивости к цистообразующей нематоды выявлен почти у 85% образцов коллекции. Маркер TG869 к этому же гену был представлен почти у трети коллекции (28,3%), у белорусских сортов он встречался с частотой более 35%. Во всех случаях он присутствовал у сортов, выделившихся по наличию CP113, а также у большинства недавно зарегистрированных сортов и у перспективных гибридов. Более половины образцов коллекции имели еще один ценный ген устойчивости от *S. andigenum* – *Ry^{adg}*, обеспечивающий, по данным литературы, высокую устойчивость к Y-вирусу картофеля.

Высокая насыщенность коллекции генами от *S. andigenum* объясняется давней историей использования этого вида в селекции и относительной легкостью интрогрессии его генов к культурному картофелю в силу эволюционной близости, совпадения их пloidности и эффективной пloidности. В то же время частота в коллекции гена *R1*

устойчивости к фитофторозу, происходящего от другого вида картофеля с давней историей использования в селекции, *S. demissum*, оказалась относительно небольшой (около 15%). Как правило, он присутствовал у сортов со средней устойчивостью к фитофторозу ботвы и клубней: Aula, Anosta, Блакит, Добро и некоторых других.

С высокой частотой представлен в коллекции маркер к гену *Sen1* устойчивости к патотипу 1 рака картофеля (более 63%). Для Беларуси рак картофеля является карантинным заболеванием, наличие устойчивости к нему у создаваемых сортов является обязательным. Все белорусские сорта изучаемой коллекции являются устойчивыми к раку картофеля. Однако не у всех из них устойчивость определяется наличием гена *Sen1*, с чем, очевидно, связана более низкая представленность соответствующего маркера среди белорусских сортов по сравнению со всей коллекцией. Очевидно, другой, отличный от *Sen1*, фактор устойчивости к раку имеют новые сорта Зорачка, Максимум, Янка, Спадчына и Универсал, а также некоторые из более старых сортов – Сузорье, Лазурит, Прамень, Бриз и Ореса. В то же время маркер гена *Sen1* присутствовал в таких сортах как Блакит, Одиссей, Криница, Нептун, Рагнеда, Фальварк, Чараўнік и ряде других. За редким исключением маркер гена *Sen1* выявлен практически у всех устойчивых к раку немецких и российских сортов картофеля. В голландской части коллекции, как и в белорусской, выявлены сорта, в которых устойчивость к раку не соотносится с наличием *Sen1* (Adora, Fresco, Anosta). Маркер гена *Sen1* отсутствовал у многих сортов американской селекции.

Существенно различались частоты двух разных QTL, определяющих устойчивость к вирусу скручивания листьев картофеля (ВСКЛ). Лocus *PLRV1* (один из четырех известных QTL, ответственных за формирование олигогенного признака устойчивости к вирусу) следует отнести к относительно редким генам (частота около 15%). Данный locus, обеспечивающий от 50 до 60% фенотипической вариации признака, оказался довольно слабо представленным в сортах отечественной селекции (менее 20%). Сорта-носители этого QTL отличались, как правило, высокой устойчивостью к ВСКЛ (Одиссей, Нептун, Аксамит, Орбита, Альпинист и другие).

Второй QTL, связанный с устойчивостью к ВСКЛ – *PLRV4*, оказался по результатам исследования наиболее распространенным. Характеризующий его маркер UBC864R₆₀₀ присутствовал более чем у 98% образцов и у 100% сортов и гибридов белорусской селекции. Среди сортов белорусской селекции locus *PLRV4* отсутствовал только у сорта Универсал. Этот сорт может рассматриваться как источник нового, пока не установленного фактора устойчивости к ВСКЛ, так как входит в группу сортов с высокой устойчивостью к этому вирусу при отсутствии как *PLRV1*, так и *PLRV4*.

В группе редко встречающихся оказался ген устойчивости к цистообразующей нематоды *Gro1-4*. Хотя гены *H1* и *Gro1-4*

функционально весьма близки (определяют устойчивость к патотипу Ro1 *G. rostochiensis*), происходят они из разных источников и принадлежат разным группам сцепления. Это говорит в пользу того, что эти гены могут взаимодействовать с различными факторами авирулентности нематоды и являться триггерами разных механизмов ответа растения на атаку вредителя. Поэтому выявление носителей гена *Gro1-4* и включение их в схемы селекции на устойчивость к цистообразующей нематодой имеет не меньшее значение, чем использование источников более известного и чаще встречающегося в селекционном материале гена *H1*. Среди выявленных нами носителей *Gro1-4* практически половина представлена сортами белорусской селекции (Дубрава, Блакит, Лилея, Уладар), оставшаяся часть сортов выведена в Германии (Arnika, Assia, Heidrun, Miranda).

Два различных гена иммунитета к PVY, происходящих от *S. stoloniferum*, по частоте встречаемости в коллекции оказались близки к *Gro1-4*. Однако *Ry_{sto}* оказался чаще представленным в сортах зарубежной селекции, а *Ry_{fsto}* – в белорусских сортах. Следует отметить, что в сортах белорусской селекции частота встречаемости обоих генов была почти в два раза выше, чем в целом по исследованной коллекции. Ген *Ry_{sto}* ассоциирован с эффектом ЦМС у межвидовых гибридов, наследуемым от материнского аллотетраплоидного родителя совместно с его митохондриальным геномом. Ген *Ry_{fsto}* не связан с эффектом ЦМС селекционного материала. Считается, что наличие любого из этих генов обеспечивает крайнюю устойчивость (иммунность) растений к PVY. В коллекции белорусских сортов ген *Ry_{sto}* выявлен у сортов Дубрава, Блакит, Максимум, Ветразь, Спадчына, Янка и трех гибридов. Интересно, что у трех последних сортов одновременно присутствует и ген *Ry_{fsto}*, наличие которого показано также у недавно зарегистрированных сортов Рагнеда, Зорка, Чараўнік и Фальварк.

В результате проведенного исследования в коллекции сортов различного происхождения выделен ряд перспективных для традиционной селекции картофеля источников различных генов вертикальной устойчивости к основным патогенам. Среди уникальных по количеству маркеров к генам устойчивости генотипов следует выделить белорусские сорта Блакит, Дубрава, Янка и Чараўнік, а также два сорта немецкой селекции Assia и Heidrun, являющиеся носителями одновременно 6-8 генов устойчивости к различным патогенам, в том числе редких генов *Gro1-4*, *Ry_{fsto}* и/или *Ry_{sto}*, *R1_{dms}*.

Использование ДНК маркеров для определения аллельного состояния хозяйственно ценных генов в селекционном материале, выделения мультиплексных родительских линий

Приведенные в каталогах и научной литературе сведения о сортах картофеля, как правило, не содержат информацию о наличии у них определенных генов, их аллельном состоянии. У селекционеров отсутствует такая информация и относительно перспективного исходного

материала, используемого ими при выведении сортов в качестве родительских форм для гибридизации. В результате в скрещивания чаще всего включаются симплексные формы, то есть имеющие один доминантный и три рецессивных аллеля соответствующего гена (Aa^3). Поэтому в полученной гибридной популяции присутствует большая доля генотипов, не обладающих хозяйственно-ценными признаками в силу того, что они являются рецессивными по соответствующим генам (нуллиплексами – a^4). Это существенно снижает эффективность селекционного процесса, увеличивает затраты на его проведение.

Доля генотипов в гибридной популяции, обладающих желаемым признаком, существенно выше в тех случаях, когда в скрещивания включают так называемые мультиплексные линии, то есть родительские формы, имеющие два и более доминантных аллеля генов хозяйственно-ценных признаков: дуплексы (A^2a^2), триплексы (A^3a), квадруплексы (A^4) (таблица 1).

Таблица 1 – Доля генотипов в гибридной популяции, обладающих желаемым признаком, в зависимости от аллельного состояния соответствующих генов у родительских форм*

Комбинация скрещивания	Расщепление	Доля генотипов, обладающих желаемым признаком, %
Симплекс $\times$ нуллиплекс ($Aa^3 \times a^4$)	1A:1a	50
Симплекс $\times$ симплекс ($Aa^3 \times Aa^3$)	3A:1a	75
Дуплекс $\times$ нуллиплекс ($A^2a^2 \times a^4$)	5A:1a	83,3
Дуплекс $\times$ симплекс ($A^2a^2 \times Aa^3$)	11A:1a	91,6
Триплекс $\times$ нуллиплекс ($A^3a \times a^4$)	все A	100
Квадруплекс $\times$ нуллиплекс ($A^4 \times a^4$)	все A	100

* Без учета хроматидного расщепления (см. [1])

Таким образом, имея информацию об аллельном состоянии генов хозяйственно ценных признаков, включая в скрещивания мультиплексные формы, можно существенно повысить долю генотипов в гибридной популяции, обладающих желаемым признаком (с 50 до 75–100%).

Селекция картофеля имеет целью выведение сортов, обладающих комплексом хозяйственно-ценных признаков. В силу того, что она основана на гибридизации гетерозиготных автотетраплоидных форм, в потомстве наблюдается сложное расщепление, сильно затрудняющее отбор желаемых комбинаций генов. Так, при гибридизации симплексной формы по двум генам А и В хозяйственно-ценных признаков с нуллиплексной формой получают гибридную популяцию следующего состава: 1AB + 1Ab + 1aB + 1ab. То есть, среди полученных гибридов только 25% генотипов обладает комбинацией обоих хозяйственно-ценных

признаков, 50% генотипов (25% Ab + 25% aB) имеют лишь один из селективируемых признаков, а 25% генотипов (ab) – ни одного (таблица 2).

При гибридизации двух симплексных форм по двум генам А и В доля генотипов, обладающих комбинацией обоих хозяйственно-ценных признаков, составляет 75% (расщепление 3AB:1ab). Однако в гибридной популяции все еще будет присутствовать четверть генотипов, не обладающих ни одним из желаемых признаков, что снижает эффективность селекционного процесса. Эту долю можно существенно уменьшить вплоть до нуля, если использовать в скрещиваниях мультиплексные линии по комплексу генов хозяйственно-ценных признаков (таблица 2).

Таблица 2 – Доля генотипов в гибридной популяции с комбинацией двух хозяйственно-ценных признаков (AB) в зависимости от состава и аллельного состояния генов этих признаков у родительских форм (%)*

Комбинация скрещивания	Доля генотипов с комбинацией двух признаков, %
Симплекс × нуллиплекс ($Aa^3Bb^3 \times a^4b^4$)	25
Симплекс × симплекс ($Aa^3Bb^3 \times Aa^3Bb^3$)	75
Дуплекс × нуллиплекс ($A^2a^2B^2b^2 \times a^4b^4$)	70
Дуплекс × симплекс ($A^2a^2B^2b^2 \times Aa^3Bb^3$)	91,7
Триплекс × нуллиплекс ($A^3aB^3b \times a^4b^4$)	100
4х Нуллиплекс × 2х гетерозигота (2n-гаметы) ($a^4b^4 \times AaBb$; 2n-гаметы)	100

* Без учета хроматидного расщепления (см. [1])

Таким образом, владея информацией о составе и аллельном состоянии хозяйственно-ценных генов, используя в скрещиваниях мультиплексные формы по максимально большому количеству генов хозяйственно ценных признаков, можно существенно повысить долю генотипов в гибридной популяции с комбинацией этих признаков (с 25 до 70–100% в случае дигибридных скрещиваний).

Для определения аллельного состояния определенных генов рекомендуют использовать анализ потомства по изучаемому признаку от скрещивания предполагаемой мультиплексной линии с нуллиплексным тестером. Считается, что достаточно проанализировать около тридцати гибридов F₁, чтобы установить достоверную разницу между расщеплением 5:1 (дуплекс×нуллиплекс) и 1:1 (симплекс×нуллиплекс), или убедиться, является ли изучаемая линия квадруплексом или триплексом, а не дуплексом или симплексом (см. [3]). Использование ДНК-маркеров позволяет значительно упростить и ускорить процесс выделения мультиплексных линий, проводить оценку гибридов одновременно по нескольким признакам.

Для эффективного проведения такого анализа генотипы-тестеры должны отвечать двум основным критериям. Во-первых, они должны быть нуллиплексами по максимально большому числу анализируемых генов. Тестирование одной гибридной популяции линия $\times$ тестер на основе таких тестеров позволяет определить аллельное состояние сразу большой группы генов изучаемой линии (по которым тестер является нуллиплексом). Во-вторых, желательно, чтобы тестер обладал высокой функциональной фертильностью пыльцы и способностью к обильному цветению. Высокая мужская фертильность тестера позволяет использовать его в скрещиваниях как с мужски фертильными, так и мужски стерильными изучаемыми линиями.

Практически все известные гены устойчивости были в разное время интрогрессированы в культурный картофель *S. tuberosum* ssp. *tuberosum* от диких или примитивных культурных видов картофеля. Межвидовая гибридизация начала активно использоваться в селекции картофеля с середины прошлого века. Поэтому нами было решено проводить поиск подходящего тестера среди сортов, созданных в первой половине XX века и представляющих собой по большей части «чистый» *S. tuberosum* ssp. *tuberosum*. Выбор пал на старые американские сорта, растения которых несложно получить из Национального генного банка по картофелю США (NRSP-6).

На основе литературных данных были отобраны шесть сортов, созданных в США в 10-х – 60-х годах прошлого века: Russet Burbank, Katahdin, Red Pontiac, Kennebec, Superior и Norchip. Анализ по наличию ПЦР-маркеров генов устойчивости у названных сортов показал, что минимальное их количество было представлено у сортов Red Pontiac и Russet Burbank.

Чтобы расширить выбор генотипов-тестеров, в исследование были включены полученные нами ранее диплоидные линии картофеля, сочетающие относительно высокую мужскую фертильность со способностью формировать с высокой частотой нередуцированную пыльцу, что позволяет использовать их в качестве опылителей в скрещиваниях с тетраплоидным картофелем [4]. При выведении этих линий не ставилась задача аккумулировать в них гены устойчивости к патогенам. Кроме того, сами эти линии были получены на основе дигаплоидов достаточно старых сортов картофеля. Поэтому для них характерна низкая представленность основных ПЦР-маркеров генов устойчивости [5]. По результатам ПЦР-анализа был выделен клон IGC-17н.8, у которого обнаружены маркеры лишь к гену *H1*.

Функциональная фертильность (ФФП) сорта Red Pontiac, наиболее подходящего на роль тестера по данным ДНК-типирования, оказалась относительно небольшой (9,6%). Наш опыт показывает, что для получения гибридов картофеля достаточной является ФФП *in vitro* на уровне 5%, однако для гарантированного получения гибридов уровень ФФП должен

быть более 10%. Лучшим по фертильности сортом оказался Katahdin. Однако у него присутствовали ДНК-маркеры к нескольким генам.

Фертильность большинства диплоидных линий-кандидатов на роль тестеров оказалась на уровне фертильных сортов. Так, диплоидный клон IGC17n8 имел ФФП, немногим уступающую лучшему по мужской фертильности сорту Katahdin. Использование в скрещиваниях с тетраплоидными сортами пыльцы фертильных диплоидных опылителей позволило получить довольно большое количество гибридных семян. Начаты работы по оценке на наличие ДНК-маркеров у полученных гибридных популяций с целью определения характера расщепления по изучаемым генам.

Представленные результаты показали возможность выделения тестеров для определения с помощью MAS аллельного состояния большинства генов устойчивости к болезням и вредителям, которые используются в селекции картофеля. Рассмотренная методика позволяет наиболее точно определить состав и аллельное состояние R-генов у изучаемых сортов. Полученные результаты могут стать основой для разработки менее трудоемких способов решения этой задачи.

Использование ДНК-маркеров для выведения мультиплексных родительских линий

Многие селекционеры по картофелю строят стратегию селекции на получении и испытании большого количества комбинаций с участием максимально возможного и доступного количества родительских форм. Для такой стратегии описанная выше методика определения состава и аллельного состояния генов устойчивости к болезням и вредителям у ряда сортов и селекционных клонов представляется мало перспективной: поскольку эта методика весьма трудоемкая и дорогостоящая, ее можно использовать лишь применительно к узкому кругу сортов. Однако в селекции картофеля все большее распространение получает и другая стратегия: выгоднее анализировать большие объемы небольшого количества гибридных популяций, имеющих высокую селекционную ценность, а не большого количества популяций, селекционная ценность которых неизвестна [6,7].

Гибридные популяции с высокой селекционной ценностью получают, используя в качестве одного или обоих родителей предварительно изученные селекционные клоны, обладающие хорошей комбинационной способностью по показателям продуктивности и являющиеся носителями комплекса генов устойчивости к болезням и вредителям. При этом желательно, чтобы такие селекционные клоны являлись мультиплексами по многим хозяйственно-ценным генам.

Возможны два подхода отбора мультиплексных линий: 1) как описано выше из коллекций существующих сортов картофеля, селекционных линий; 2) путем специальной селекции, направленной на их получение.

Работы по созданию мультиплексных линий проводятся в ведущих селекционных центрах по картофелю (см. [3]). В частности, большие успехи в этом направлении достигнуты в Отделе генетики картофеля и родительских линий Института селекции и акклиматизации растений (Mlochov, Польша).

Создание исходного материала для проведения MAS на диплоидном уровне

Для селекции мультиплексных линий представляется перспективным использование манипуляций с плоидностью селекционного материала и отбора на диплоидном уровне. Отбор на диплоидном уровне имеет ряд преимуществ по сравнению с традиционной селекцией картофеля. Благодаря более простому дисомному наследованию требуется меньший объем популяции для выделения сложных рекомбинантов, отвечающих запросам селекции. Аккумуляция желаемых и элиминация нежелательных генов происходит на диплоидном уровне быстрее, чем на тетраплоидном. Применение MAS позволяет существенно повысить результативность отбора на диплоидном уровне.

Возможно несколько способов селекции родительских линий с помощью манипуляций с плоидностью селекционного материала и отбора на диплоидном уровне. Первый способ предполагает получение с помощью культуры пыльников *in vitro* удвоенных дигаплоидов сортов или селекционных клонов картофеля, несущих комплекс генов устойчивости к болезням и вредителям (отобранных по наличию соответствующих ДНК-маркеров). Удвоенные дигаплоиды, образовавшиеся в результате спонтанного удвоения числа хромосом у отдельных микроспор, анализируют на наличие маркеров ценных для селекции генов исходных сортов (селекционных клонов). В случае обнаружения у них каких-либо маркеров можно сделать заключение, что они являются, как минимум, дуплексами по соответствующим генам. В лаборатории генетики картофеля Института генетики и цитологии НАН Беларуси с помощью культуры пыльников получены 140 тетраплоидных андрогенетических растений-регенерантов сортов Верас, Луговской, Ласунак, Аноста, Дубрава, Прамень и Блакит [8]. В ближайшее время планируется оценить аллельное состояние генов устойчивости у ряда андроклонов с целью выделения мультиплексных линий.

Второй способ основан на получении с помощью гаплопродюсеров дигаплоидов сортов или селекционных клонов картофеля, несущих комплекс генов устойчивости к болезням и вредителям (отобранных по наличию соответствующих ДНК-маркеров). Полученные дигаплоиды анализируют на наличие маркеров ценных для селекции генов исходных сортов (селекционных клонов). У дигаплоидов, отобранных по наличию нескольких маркеров, а также другим селекционным признакам (жизнеспособности, продуктивности, компактности гнезда, размерам и морфологии клубней и др.), проводят митотическое удвоение хромосом. В

результате получают тетраплоидные родительские линии с комплексом генов, имеющимся у исходных дигаплоидов. При этом они являются дуплексами по этим генам, если дигаплоиды были гетерозиготами, и квадруплексами – в случае удвоения хромосом у гомозигот.

Третий способ имеет целью создание с помощью комбинативной селекции на диплоидном уровне диплоидных родительских линий с комплексом ценных для селекции генов, способных образовывать фертильную нередуцированную пыльцу. Благодаря использованию в скрещиваниях с сортами картофеля диплоидных форм, образующих нередуцированные гаметы, имеется возможность получать более выровненные, продуктивные, экологически стабильные тетраплоидные гибридные популяции, практически не расщепляющиеся по комплексу признаков, сформированному на диплоидном уровне, что позволяет существенно повысить вероятность отбора в них селекционно-ценных генотипов [4]. Фактически использование в скрещиваниях формирующих нередуцированные гаметы диплоидных селекционных линий с комплексом хозяйственно-ценных генов дает тот же эффект, что и мультиплексные линии.

В качестве исходного материала для создания таких родительских линий используют лучшие первичные дигаплоиды, полученные от сортов картофеля с комплексом селекционно-ценных генов (второй способ), а также селекционный материал, необходимый для получения диплоидных гибридных популяций, пригодных для проведения отбора на диплоидном уровне, в частности, доноры фертильности, формирования нередуцированных гамет, а также доноры новых генов, интрогрессированных от диких видов [4].

Отобранные в результате такой селекции перспективные диплоидные селекционные линии, не образующие нередуцированные гаметы, могут быть использованы для новых циклов комбинативной селекции на диплоидном уровне или получения с помощью митотического удвоения хромосом тетраплоидных мультиплексных линий (см. способ 2).

Создание исходного материала для MAS на диплоидном уровне

До недавнего времени маркер-ассоциированная селекция картофеля в Беларуси не применялась. Соответственно, имеющийся диплоидный селекционный материал не был оценен на предмет наличия у него маркеров к определенным селекционно-ценным генам. В частности, в лаборатории генетики картофеля Института генетики и цитологии НАН Беларуси собрана большая коллекция диплоидного селекционного материала, которая включает первичные дигаплоиды картофеля, полученные в 1997–1998 годы, вторичные дигаплоиды на их основе, диплоидные межвидовые гибриды, вторичные дигаплоиды, поступивших из других организаций. Эти диплоидные клоны использовались в основном в качестве источника культурных признаков при межвидовой гибридизации. При их получении и использовании принимали во

внимание, прежде всего, такие признаки, как культурный тип растения, высокая продуктивность, интенсивность цветения, мужская фертильность, способность образовывать нередуцированные гаметы, устойчивость к фитофторозу. В связи с разработкой методов детекции ДНК-маркеров генов устойчивости к болезням и вредителям картофеля представляло интерес оценить их значимость в качестве объектов MAS на диплоидном уровне [5].

Среди изученных первичных дигаплоидов насыщенность ДНК-маркерами генов устойчивости к болезням и вредителям была не очень высокая. Лишь отдельные клоны имели не более трех из них. Частота генов устойчивости к золотистой цистообразующей нематодой была невысокой. Исключение составили дигаплоиды соматических гибридов *S. tuberosum* + *S. pinnatisectum*, 90% которых имели маркер CP113 гена *H1* от *S. andigenum*. Второй маркер гена устойчивости к нематодой Gro 1-4 имелся лишь у потомков дигаплоида сорта Jubel, у которого происхождение данного гена остается неясным. Формы, несущие важный ген устойчивости к PVY от *S. stoloniferum* в коллекции не представлены.

Насыщенность маркерами генов устойчивости к болезням и вредителям коллекции вторичных дигаплоидов оказалась существенно ниже, чем первичных. Это объясняется достаточно узкой генетической базой коллекции. В связи с этим была поставлена задача улучшить качественный состав коллекции путем получения новых первичных дигаплоидов, имеющих как можно больше маркеров генов устойчивости.

Нами было проведено изучение характеристик сортов картофеля различного происхождения, представленных в каталогах, в результате чего был выбран ряд сортов, которые, судя по описаниям, могли иметь в своем геноме несколько генов устойчивости к болезням и вредителям. Наличие конкретных генов устойчивости подтверждали путем детекции соответствующих ДНК-маркеров с помощью ПЦР-анализа. В результате проведенных исследований были отобраны сорта картофеля-носители широкого спектра генов устойчивости к болезням и вредителям. С помощью гаплопродюсера *S. phureja* IvP 35 было получено 98 первичных дигаплоидов сортов Блакит, Дубрава, Лилея, Уладар, Assia, Carlita, Heidrun, Lyga, Pirola, Saphir, а также ценных селекционных клонов [9,10].

При переходе на диплоидный уровень в результате расщепления часть ДНК-маркеров, имеющих у исходных сортов, у дигаплоидов утрачивалась. Тем не менее, частота большинства анализируемых маркеров в полученной популяции первичных дигаплоидов была достаточно высокой. Наиболее полно у дигаплоидов были представлены маркеры CP 113 к гену *H1* устойчивости к нематодой (74,6%), а также к QTL *PLRV1* и *PLRV4* устойчивости к ВСКЛ (55,9% и 83,1%). С достаточно высокой частотой встречались также маркеры к генам устойчивости к раку *Sen1* и устойчивости к фитофторозу *R1* (соответственно, 30,5% и 33,9%). Реже других у дигаплоидов представлены маркеры к генам устойчивости к нематодой *Gro 1-4* и к вирусам PVX и PVY, особенно маркер GP122 к гену

устойчивости к PVY от *S. stoloniferum* (он выявлен лишь у двух дигаплоидов IGC 09/2.7 сорта Saphir и IGC 09/73 селекционного клона 1/4 КР.

В целом, частоты отдельных маркеров у проанализированных дигаплоидов очевидно отражали их представленность и аллельное состояние (симплекс, дуплекс, триплекс) у исходных сортов и селекционных клонов. Из числа проанализированных дигаплоидов особый интерес представляют IGC 09/9.10 и IGC 09/9.11 сорта Lyra, IGC 09/2.7 сорта Saphir и IGC 09/7.3 селекционного клона 1/4 КР, которые имели по семь маркеров. Клоны IGC 09/9.4, IGC 09/9.5, IGC 09/9.6 сорта Lyra, IGC 09/2.1 и IGC 09/2.4 сорта Saphir, IGC 07/9.1 и IGC 07/9.22 сорта Дубрава, IGC 08/7.7 сорта Assia, IGC 09/1.5 сорта Carlita, IGC 09/8.3 и IGC 09/8.24 сорта Лиля, IGC 08/9.2 и IGC 08/8.15 селекционного клона 1/5 КР несли 5-6 генов устойчивости. В целом, среди 59 первичных дигаплоидов, полученных в 2007-2009 гг. и оцененных с помощью ПЦР-анализа, выделено 53 генотипа, несущие те или иные маркеры к генам устойчивости к болезням и вредителям, в том числе 33 дигаплоида, несущие 4 и более маркеров [9,10].

Лучшие из этих дигаплоидов (при их отборе помимо наличия ДНК-маркеров учитывали также жизнеспособность растений, клубневую продуктивность, компактность гнезда, форму клубней, глубину глазков, способность к цветению) включены в программу скрещиваний с диплоидными линиями – донорами фертильности и формирования 2n-пыльцы, а также донорами новых генов устойчивости к фитофторозу и вирусам, интрогрессированных от диких видов. Это дало возможность получить мужски фертильные вторичные дигаплоиды, пригодные для дальнейшей комбинативной селекции на диплоидном уровне с использованием MAS. В ближайшее время на основе этого диплоидного селекционного материала будут получены тетраплоидные мультиплексные по комплексу R-генов линии, а также формирующие нередуцированную фертильную пыльцу диплоидные родительские линии.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Из-за автотетраплоидной природы и вегетативного способа размножения в селекции картофеля неприменимы подходы использования MAS, которые показали высокую эффективность в селекции диплоидных культур, размножаемых половым путем. Возможные направления рационального использования MAS в селекции картофеля с учетом генетических характеристик культуры и особенностей селекционного процесса включают: определение состава и аллельного состояния генов хозяйственно-ценных признаков в исходном материале, создание мультиплексных тетраплоидных родительских линий, а также формирующих нередуцированные гаметы диплоидных родительских линий с комплексом генов устойчивости к болезням и вредителям.

В лаборатории генетики картофеля Института генетики и цитологии НАН Беларуси проведено изучение 105 сортов и селекционных клонов картофеля на предмет наличия 13 ДНК-маркеров генов устойчивости к золотистой цистообразующей нематодe, вирусам PVX, PVY, PLRV, раку картофеля и фитофторозу. Сформирована база данных в виде информационного ресурса.

Отобраны тетраплоидные сорта и формирующие фертильную нередуцированную пыльцу диплоидные линии, пригодные для использования в качестве тестеров для определения с помощью MAS аллельного состояния генов устойчивости к болезням и вредителям в исходном материале.

С помощью гаплопродюсера *S. phureja* IvP 35 было получено 98 первичных дигаплоидов сортов Блакит, Дубрава, Лилея, Уладар, Assia, Carlita, Heidrun, Lyra, Pirola, Saphir, а также ценных селекционных клонов, среди которых выделено 53 генотипа, несущие те или иные маркеры к генам устойчивости к болезням и вредителям, в том числе 33 дигаплоида, несущие 4 и более маркеров. Лучшие из этих дигаплоидов включены в программу скрещиваний с диплоидными линиями – донорами фертильности и формирования 2n-пыльцы, а также донорами новых генов устойчивости к фитофторозу и вирусам, интрогрессированных от диких видов.

Литература

1. Ермишин, А.П. Картофель / А.П. Ермишин, Е.В. Воронкова, В.А. Козлов В.А // Генетические основы селекции растений Т.2. Частная генетика растений / под науч. ред. А.В. Кильчевского, Л.В. Хотылевой. – Минск : Беларус. навука, 2010. – С. 156-234.
2. Ермишин, А.П. Оценка исходного материала картофеля для селекции на устойчивость к болезням и вредителям с помощью специфических ПЦР-маркеров. Методические рекомендации / А.П. Ермишин и др. ГНУ Институт генетики и цитологии НАН Беларуси – Минск: Экономика и право, 2010 – 60 с.
3. Bradshaw, J.E., Mackay, G.R. Breeding strategies for clonally propagated potatoes / In: J.E. Bradshaw and G.R. Mackay (eds) Potato genetics.- Wallingford (UK): CABI, 1994.- P. 109-132.
4. Ермишин, А.П. Отбор на диплоидном уровне и манипуляции с ploидностью в селекции картофеля/ А.П. Ермишин // Сб. науч. тр. / Минск, 2007. - Том 5: Молекулярная и прикладная генетика. - С. 21-43.
5. Воронкова, Е.В., Лукша, В.И., Гукасян, О.Н., Савчук, А.В., Ермишин, А.П. Получение и отбор дигаплоидов *S. tuberosum*, перспективных для маркер-сопутствующей селекции на комплексную устойчивость к болезням и вредителям// Картофелеводство: сб. науч. тр. Минск, 2011. Т.19. С. 215-226.

6. Brown, J., Caligari, P.D.S., MacKay, G.R. The repeatability of progeny means in the early generations of a potato breeding programme // Ann. Appl. Biol. - 1987. - Vol.110, № 2. - P. 365-370.

7. Tai, G.C.C., Jui, P.Y., Young, D.A. Evaluation of parents based on long-term selection records // Z. Pflanzenzuchtg. - 1986. - Vol. 96. – P.39-46.

8. Zharich, V., Voronkova, E., Savchuk, A., Yermishin, A. New approach in breeding potato based on selection of plants regenerated from unreduced gametes in anther culture // In: Potato for a Changing World (Abstracts of Papers and Posters of the 17th triennial EAPR Conference, 6-10 July 2008., Brashov, Romania.) S.Chiru, G.Olteanu, C.Aldea and C.Badarau eds, Transilvania University of Brasov Publishing House. 2008. P.386-388.

9. Лукша, В.И., Воронкова, Е.В., Гукасян, О.Н., Ермишин, А.П. Оценка первичных дигаплоидов *S. tuberosum* на наличие генов устойчивости к болезням и вредителям методом ПЦР-анализа// Молекулярная и прикладная генетика: сб. науч. трудов/Институт генетики и цитологии НАН Беларуси; редколл: А.В. Кильчевский (гл. ред.) [и др.]. Минск: Право и экономика, 2012. С. 82-87.

10. Лукша, В.И. Создание диплоидного исходного материала для маркер-сопутствующей селекции картофеля на устойчивость к болезням и вредителям. Автореф. Дисс. канд. биол. наук. Минск, 2012. – 24 с.

PECULIARITIES OF USING DNA-MARKERS IN POTATO BREEDING

YERMISHIN A.P.

SUMMARY

Possible directions of rational use of DNA-markers in potato breeding are discussed taking into consideration genetic characteristics of the crop and peculiarities of the breeding process. They included: use of DNA-markers for determination of the composition and allelic state of valuable genes in the initial material, for the production of multiplex tetraploid parental lines as well as producing unreduced gametes diploid parental lines with a complex of genes of disease and pest resistance. The results have been summarized that have been obtained by the laboratory of potato genetics of the Institute of Genetics and Cytology Belarusian National Academy of Sciences in research on these directions.

Key words: potato *Solanum tuberosum*, DNA-markers, marker assisted selection, MAS, multiplex parental lines, selection at the diploid level

Поступила в редакцию 01.05.2013 г.

УДК 631.524.86:632.3:635.21

МЕТОД МУЛЬТИПЛЕКСНОЙ ПЦР ДЛЯ ПОИСКА ГЕНОТИПОВ КАРТОФЕЛЯ, УСТОЙЧИВЫХ К Y- И S- ВИРУСАМ

Павлючук Н.В.¹, Волуевич Е.А.¹, Маханько В.Л.², Русецкий Н.В.²

¹ГНУ «Институт генетики и цитологии НАН Беларуси»

²РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству»

E-mail: N. Pavlyichuk@igc.bas-net.by

РЕЗЮМЕ

Разработана методика, которая позволяет выявить в одной мультиплексной ПЦР доминантные аллели генов устойчивости $Ry-f_{sto}$ и Ns к Y- и S- вирусам соответственно. С помощью CAPS маркеров GP122₅₆₄ и SC811₂₆₀ к этим генам выделено 7 сортов и 5 гибридов – носителей гена $Ry-f_{sto}$, а также 2 сорта с геном Ns . Отобранные источники устойчивости к Y- и S- вирусам рекомендованы для использования в селекции картофеля по этому признаку.

Ключевые слова: картофель, вирусы, устойчивость, гены, ПЦР - маркеры

ВВЕДЕНИЕ

Существенный экономический ущерб картофелеводству Беларуси наносят вирусные болезни. В республике наиболее распространены вирусы X, Y, M, S, L. Самые большие потери урожая картофеля (до 80%) наряду с L- вирусом вызывает Y- вирус (PVY – *Potato virus Y*) [1]. Почти во всех странах, где выращивается эта культура, выявлен S- вирус (PVS – *Potato virus S*), в том числе он широко распространен и на территории Беларуси [2]. Поскольку картофель размножается вегетативно, то накопление вирусной инфекции в семенном материале неизбежно, что в результате приводит к вырождению сортов.

Экологически безопасный и наиболее экономически выгодный способ борьбы с вирусными болезнями – селекция устойчивых сортов. Для повышения эффективности селекции на устойчивость к патогенам в настоящее время все более активно используются ДНК-маркеры, сцепленные с генами устойчивости. Это позволяет интенсифицировать поиск и отбор резистентных генотипов и сократить временные затраты на создание устойчивых к вирусам сортов картофеля.

К настоящему времени картировано три гена, контролирующих крайнюю устойчивость картофеля к Y-вирусу: Ry_{chc} , Ry_{adg} , Ry_{sto} , которые локализованы в 9, 11 и 12 хромосомах соответственно [3]. Источниками

этих генов являются виды *Solanum chacoense*, *S. andigenum* и *S. stoloniferum*. Существует два независимых источника гена Ry_{sto} : ген Ry_{sto} , ассоциированный с мужской стерильностью и $Ry-f_{sto}$ (fertile), которые используются в селекции [4]. Устойчивость европейских сортов к PVY обусловлена, главным образом, геном Ry_{sto} . В селекционных программах Северной и Южной Америки широко используется Ry_{adg} . Ген Ry_{chc} интрогрессирован в японские сорта картофеля.

Устойчивость картофеля к S- вирусу определяется доминантным геном *Ns*, контролирующим сверхчувствительную реакцию к инфекции. Он локализован в 8 хромосоме в регионе, где никаких других *R*- генов до сих пор не идентифицировано [5]. Среди многочисленных видов картофеля резистентность к PVS встречается крайне редко. Одним из источников доминантного гена *Ns* является культурный вид *S. andigenum* [6].

Поиск новых источников устойчивости к Y- и S- вирусам и включение их в селекционные программы – важная задача селекции, для решения которой весьма актуально использование ПЦР-маркеров, сцепленных с генами, контролирующими этот признак. В настоящее время уже предложено несколько таких маркеров к гену $Ry-f_{sto}$, в то время как маркеры к гену *Ns* разработаны слабо [3,5,7-10]. В связи с этим целью работы являлась оптимизация технологии ПЦР-детекции генов устойчивости к Y– и S– вирусам картофеля и использование ее для поиска источников устойчивости к этим патогенам.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Объектами исследования служили 45 гибридов и 66 сортов картофеля отечественной и зарубежной селекции. Образцы для проведения исследований представил РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству». Среди них 14 гибридных форм были предварительно оценены на искусственных инфекционных фонах на устойчивость к Y- и S-вирусам.

Для выделения ДНК использовали ткани свежзамороженных листьев экспериментальных образцов, взятых в фазу бутонизации из средних ярусов куста (100–150 мг на одну пробу). Выделение и очистку ДНК осуществляли с помощью готовых наборов «Genomic DNA Purification Kit» согласно методике, предлагаемой производителем с внесением определенных модификаций. Концентрацию и степень очистки ДНК проверяли на спектрофотометре и с помощью электрофореза в 1% агарозном геле с использованием стандартного маркера длин фрагментов ДНК на 1000 пар нуклеотидов.

Детекцию доминантных аллелей генов *Ns* и $Ry-f_{sto}$ осуществляли с помощью модифицированного нами метода, предложенного Witek с соавторами [5]. Данный подход основан на использовании CAPS маркеров GP122₅₆₄ и SC811₂₆₀, сцепленных с $Ry-f_{sto}$ и *Ns* соответственно, которые

амплифицируются в одной ПЦР и идентифицируются после одновременного разделения ампликонов рестриктазами *EcoRV* (321) и *MboI*. Реакционная смесь объемом 20 мкл содержала 100 нг тотальной ДНК; 2,5 mM $MgCl_2$; 0,3 мкМ каждого из пары праймеров (GP122, SC811₄₅₄); 0,125 mM каждого dNTP; 1 U *Taq* polymerase («Праймтех») и 2 мкл буфера для *Taq* полимеразы «А», 10×, без $MgCl_2$ («Праймтех»). Реакцию амплификации осуществляли при следующем режиме: денатурация 3 минуты при 94°C; далее 35 циклов по 25 секунд при 93°C, 25 секунд при 56°C и 60 секунд при 72°C; финальная элонгация в течение 5 минут при температуре 72°C. Рестрикцию проводили в течение 16 часов при температуре 37°C. Рестрикционные фрагменты продуктов амплификации разделяли с помощью электрофореза в 3% агарозном геле в ТАЕ буфере.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для постановки мультиплексной ПЦР были подобраны тестеры, несущие оба гена *Ns* и *Ry-f_{sto}* – сорта польской селекции *Meduza* и *Omulew*. Однако при условиях, предложенных Witek с соавторами [5], амплификация не проходила. В ходе оптимизации параметров данной технологии был изменен состав реакционной смеси, режим амплификации и условия проведения электрофореза. В частности, было увеличено количество геномной ДНК с 50 до 100 ng, концентрация праймеров (GP122₅₆₄ прямого и обратного с 0,2 до 0,3; SC811₄₅₄ с 0,25 до 0,3) и dNTP с 0,1mM до 0,125mM. В процессе оптимизации режима амплификации было увеличено количество циклов с 30 до 35 и их продолжительность. Ампликоны, полученные в результате мультиплексной ПЦР, подвергались одновременному расщеплению рестриктазами *EcoRV*(321) и *MboI*. После рестрикции *EcoRV*(321) присутствие в образцах маркерного фрагмента весом 564 п.н. указывало на наличие гена *Ry-f_{sto}*. При рестрикции *MboI* у сортов, несущих *Ns* локус, обнаруживается информативный рестрикционный фрагмент 260 п.н. В данной реакции рестриктаза *EcoRV*(321) не препятствовала идентификации фрагмента SC811₂₆₀. При разделении рестрикционных фрагментов продуктов амплификации посредством электрофореза в агарозном геле при предложенных условиях хорошо разделялись только верхние фрагменты весом 564 и 464 п.н., нижние фрагменты были размытыми и нечеткими. Для разделения этих фрагментов была увеличена концентрация агарозы – с 1,5% до 3%.

С помощью модифицированного метода проведен анализ сортов картофеля отечественной и зарубежной селекции на наличие генов устойчивости к Y- и S- вирусам. Результаты исследований представлены на рисунках (рисунок 1, 2) и в таблице 1. Как видно из электрофореграмм, в положительных контролях – польских сортах *Meduza* и *Omulew* присутствует четко выраженный фрагмент SC811₂₆₀, связанный с геном *Ns*. Однако ни в одном из остальных проанализированных сортов

отечественной и зарубежной селекции подобный продукт выявлен не был. Известно, что устойчивость к S-вирусу может определяться не только доминантным геном *Ns*, но и контролироваться рецессивным геном *Stbr*, как например, у сорта Saco [11]. Возможно также наличие других, еще не идентифицированных генов резистентности к PVS.

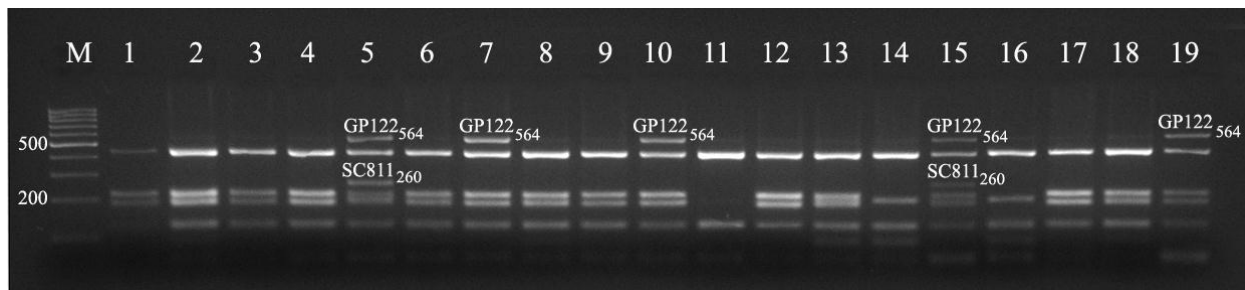


Рисунок 1 – Результаты рестрикции продуктов амплификации ДНК сортов картофеля с двумя парами праймеров к локусам GP122 и SC811₄₅₄

М – маркер молекулярного веса;

№№1-19 – сорта картофеля (1 – Никулинский; 2 – Berber; 3 – Пранса; 4 – Фазан; 5 – Omulew; 6 – Лазарь; 7 – Лира; 8 – Каприз; 9 – Альтаир; 10 – Assia; 11 – Колорит; 12 – Верас; 13 – Ласунак; 14 – Атлант; 15 – Meduza; 16 – Орбита; 17 – Синтез; 18 – Выток; 19 – Heidrun);

GP122₅₆₄ – фрагмент, связанный с геном *Ry-f_{sto}*;

SC811₂₆₀ – фрагмент, связанный с геном *N_s*;

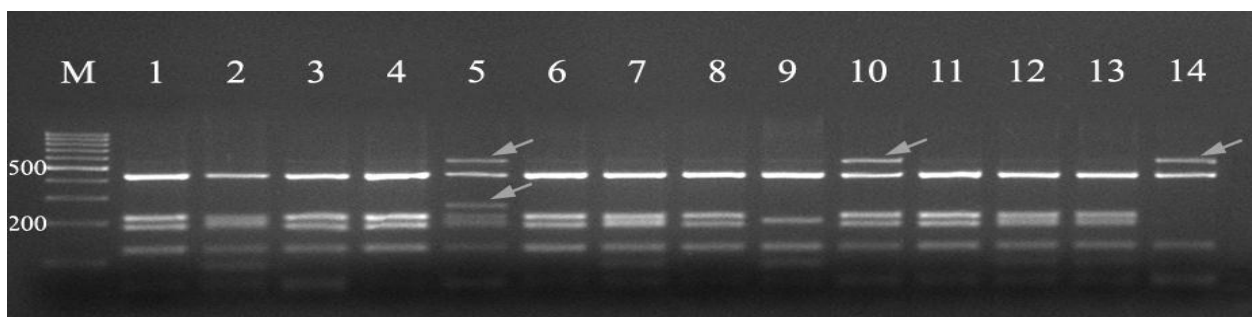


Рисунок 2 – Результаты рестрикции продуктов амплификации ДНК сортов картофеля с двумя парами праймеров к локусам GP122 и SC811₄₅₄

М – маркер молекулярного веса;

№№1-19 – сорта картофеля (1 – Дельфин; 2 – Уладар; 3 – Бриз; 4 – Нептун; 5 – Omulew; 6 – Одиссей; 7 – Явар; 8 – Живица; 9 – Росинка; 10 – Assia; 11 – Скарб; 12 – Блакит; 13 – Журавинка; 14 – Ветразь);

Стрелками указаны фрагменты – GP122₅₆₄, связанный с геном *Ry-f_{sto}*, и фрагмент SC811₂₆₀, связанный с геном *N_s*;

Результаты по идентификации гена *Ry-f_{sto}* на основе мультиплексной ПЦР показали, что из проанализированных сортов российской селекции только два – Ресурс и Лира несли маркерный фрагмент GP122₅₆₄, соответствующий гену *Ry-f_{sto}* (рисунок 1, таблица 1). Из сортов зарубежной

селекции, кроме польских Meduza и Omulew, выбранных в качестве тестеров, маркерную полосу в районе 564 п.н. имели немецкие сорта Heidrun и Assia (рисунки 1,2; таблица 1). Анализ сортов отечественной селекции на устойчивость к Y- вирусу с использованием разработанного метода показал, что маркерный фрагмент GP122₅₆₄, сцепленный с геном *Ry-f_{sto}*, присутствовал только у сорта Ветразь (рисунок 2, таблица 1). Ранее с использованием другого маркера GP122₄₀₆ к этому гену нами были получены аналогичные результаты [12]. Эти данные указывают на высокую разрешающую способность разработанного метода для детекции гена *Ry-f_{sto}* крайней устойчивости к Y- вирусу.

Таблица 1 – ПЦР-детекция маркерных локусов, сцепленных с генами устойчивости *Ry-f_{sto}* и *Ns* в сортах картофеля отечественной и зарубежной селекции

Сорт	Наличие/ отсутствие (+/-) маркера GP122 ₅₆₄ к гену <i>Ry-f_{sto}</i>	Наличие/ отсутствие (+/-) маркера SC811 ₂₆₀ к гену <i>Ns</i>	Сорт	Наличие/ отсутствие (+/-) маркера GP122 ₅₆₄ к гену <i>Ry-f_{sto}</i>	Наличие/ отсутствие (+/-) маркера SC811 ₂₆₀ к гену <i>Ns</i>
Уладар	-	-	Apta	-	-
Сузорье	-	-	Meduza	+	+
Дубрава	-	-	Omulew	+	+
Верас	-	-	Meridian	-	-
Синтез	-	-	Mariella	-	-
Дельфин	-	-	Planta	-	-
Веснянка	-	-	Ресурс	+	-
Орбита	-	-	Berber	-	-
Ветразь	+	-	Krasa	-	-
Атлант	-	-	Karmoran	-	-
Янка	-	-	Olga	-	-
Блакит	-	-	Monalisa	-	-
Скарб	-	-	Molli	-	-
Явар	-	-	Пранса	-	-
Росинка	-	-	Monza	-	-
Одиссей	-	-	Vineta	-	-
Выток	-	-	Rita	-	-
Нептун	-	-	Carla	-	-
Журавинка	-	-	Anosta	-	-
Ласунак	-	-	Фазан	-	-
Каприз	-	-	Лазарь	-	-
Криница	-	-	Липа	+	-
Живица	-	-	Darwina	-	-
Колорит	-	-	Heidrun	+	-
Бри	-	-	Assia	+	-

Продолжение таблицы 1

Лиля	-	-	Sante	-	-
Альтаир	-	-	Quarta	-	-
Никулинск	-	-	Miranda	-	-
ий	-	-	Producent	-	-
Радео	-	-	Elkana	-	-
Ламбада	-	-	Ponto	-	-
Pirola	-	-	Carlita	-	-
Kama	-	-	Prof.	-	-
Albatros			Wohltman		

На основании разработанного метода проведен анализ гибридов картофеля на наличие генов устойчивости к Y- и S- вирусам. Результаты представлены в таблице 2 и на рисунке 3. Как видно из полученных данных, ни один из 45 проанализированных образцов не содержал фрагмента SC811₂₆₀, указывающего на наличие локуса *Ns*. В то же время у пяти форм был идентифицирован фрагмент GP122₅₆₄, связанный с геном *Ry-f_{sto}*. Четыре из них были предварительно отобраны на устойчивость к Y-вирусу на искусственных инфекционных фонах: 2 XYS09-7; 2XYS09-5; 90YS08-11; 90YS08-15. Совпадение фенотипической устойчивости с результатами молекулярного тестирования указывает на то, что данный метод пригоден для отбора гибридных форм, резистентных к PVY.

Таблица 2 – ПЦР-детекция маркерных локусов, сцепленных с генами устойчивости *Ry-f_{sto}* и *Ns* в гибридах картофеля

Гибрид	Наличие/ отсутствие (+/-) маркера GP122 ₅₆₄ к гену <i>Ry-f_{sto}</i>	Наличие/ отсутствие (+/-) маркера SC811 ₂₆₀ к гену <i>Ns</i>	Гибрид	Наличие/ отсутствие маркера (+/-) GP122 ₅₆₄ к гену <i>Ry-f_{sto}</i>	Наличие/ отсутствие маркера (+/-) SC811 ₂₆₀ к гену <i>Ns</i>
2XYS09-7	+	-	8408-3	-	-
2XYS09-15	-	-	8137-3	-	-
2XYS09-12	-	-	8416-1	-	-
2XYS09-8	-	-	8159-6	+	-
2XYS09-5	+	-	8349-1	-	-
2XYS09-4	-	-	052670-15	-	-
2XYS09-3	-	-	052718-7	-	-
90YS08-11	+	-	052751-31	-	-
90YS08-1	-	-	062779-18	-	-
90YS08-20	-	-	052672-49	-	-

Продолжение таблицы 2

90YS08-15	+	-	052672-14	-	-
105YS08-1	-	-	052694-8	-	-
1m-12	-	-	062769-9	-	-
1m-8	-	-	052672-5	-	-
1m-9	-	-	052672-31	-	-
90YS08-8	-	-	062769-10	-	-
90YS08-10	-	-	062771-78	-	-
19-04-7	-	-	062778-60	-	-
45-04-24	-	-	052743-13	-	-
44-05-11	-	-	052755-3	-	-
106-04-16	-	-	052760-14	-	-
27-94-6	-	-	062778-69	-	-
23-05-7	-	-			

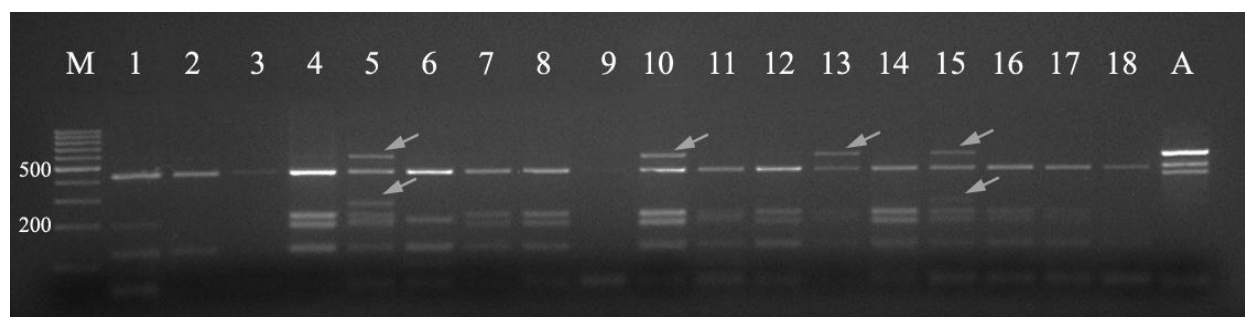


Рисунок 3 – Результаты рестрикции продуктов амплификации ДНК сортов и гибридов картофеля с двумя парами праймеров к локусам GP122 и SC811₄₅₄

М – маркер молекулярного веса;

№№1-18 – сорта и гибриды картофеля (1 – 052672-5; 2 – 052672-31; 3 – 062769-10; 4 – сорт Лиля; 5 – Omulew; 6 – 062771-78; 7 – 062778-60; 8 – 052743-13; 9 – 052755-3; 10 – сорт Assia; 11 – 052760-14; 12 – 062778-69; 13 – 90YS08-11; 14 – сорт Веснянка; 15 – сорт Meduza; 16 – 90YS08-1; 17 – 90YS08-20; 18 – 90YS08-8);

А – ампликон сорта Omulew без рестрикции;

Стрелками указаны фрагменты – GP122₅₆₄, связанный с геном *Ry-f_{sto}*, и фрагмент SC811₂₆₀, связанный с геном *N_s*;

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработана мультиплексная технология ПЦР-детекции генов устойчивости к Y- S- вирусам картофеля. Ценность данного метода заключается в том, что он позволяет выявить доминантные аллели генов устойчивости *Ns* и *Ry-f_{sto}* к двум вирусам в одной полимеразной цепной реакции.

С помощью этой технологии среди коллекции сортов отечественной и зарубежной селекции выделено 7 сортов (Heidrun, Assia, Meduza,

Omulew, Ресурс, Лира, Ветразь) – носителей гена $Ry-f_{sto}$ и 2 (Meduza, Omulew), обладающих геном Ns .

По результатам оценки гибридного материала картофеля на устойчивость к Y-вирусу отобрано 5 форм (2 XYS09-7, 2XYS09-5, 90YS08-11, 90YS08-15, 8159-6), имеющих ген $Ry-f_{sto}$.

Образцы, выделенные по наличию маркерных фрагментов GP122₅₆₄ к гену $Ry-f_{sto}$ и SC811₂₆₀ к гену Ns , являются ценными источниками устойчивости к Y – и S – вирусам и рекомендованы для селекционных программ по получению устойчивых к этим патогенам сортов.

Литература

1. Valkonen, J.T. Natural Genes and Mechanisms for Resistance to Viruses in Cultivated and Wild Potato Species (*Solanum* ssp.) / J.T. Valkonen // Plant Breeding. – 1994. – Vol. 112. – P. 1–16.
2. Русецкий, Н.В. Изучение распространенности вирусных болезней картофеля в Витебской области / Н.В. Русецкий, В.А. Козлов, А.В. Чашинский // Земляробства і ахова раслін. – 2007. – № 4. – С. 44–47.
3. Selection of DNA markers for detection of extreme resistance to *Potato virus Y* in tetraploid potato (*Solanum tuberosum* L.) F₁ progenies / J. Heldak [et al.] // Czech.Genet.Plant Breed. – 2007. – Vol.43, N.4, P. 125 – 134.
4. Ross, H. Potato Breeding – Problems and Perspectives / H. Ross // Advances in Plant Breeding. – 1986. – Supplements 13. Verlag Paul Parey, Berlin and Hamburg, Germany.
5. A multiplex PCR approach to simultaneously genotype potato towards the resistance alleles $Ry-f_{sto}$ and Ns / K. Witek [et al.] // Mol. Breeding. – 2006. – Vol.18. – P. 273 – 275.
6. Baerecke, M.L. Überempfindlichkeit gegen das S-virus der Kartoffel in einem bolivianischen Andigena-Klon / M.L. Baerecke // Züchter. – 1967. – Vol. 37. – P 281–286.
7. The $Ry-f_{sto}$ gene from *Solanum stoloniferum* for extreme resistant to *Potato virus Y* maps to potato chromosome XII and is diagnosed by PCR marker GP122₇₁₈ in PVY resistant potato cultivars / B. Flis [et al.] // Molecular Breeding. – 2005. – Vol.15. – P. 95 – 101.
8. Evidence for utility of the same PCR-based markers for selection of extreme resistance to *Potato virus Y* controlled by Ry_{sto} of *Solanum stoloniferum* derived from different sources / J.P.T. Valkonen [et al.] // Ann. Appl. Biol. – 2008. – Vol.152. – P. 121 – 130.
9. Marczewski, W. Inter-simple sequence repeat (ISSR) markers for the Ns resistance gene in potato (*Solanum tuberosum* L.) / W. Marczewski // J Appl Genet. – 2001. – Vol. 42, № 2. – P. 139–144.
10. Endonuclease restriction of SCAR amplicons SC811 is required to identify Ns -false-positive markers in PVS-susceptible potato cultivars / K. Szajko [et al.] // J.Appl Genet. – 2008. –Vol. 49, N1. – P. 45–47.

11. Гавриленко, Т.А. Создание устойчивых к вирусам растений картофеля на основе традиционных подходов и методов биотехнологии / Т.А. Гавриленко, Е.В. Рогозина, О.Ю. Антонова // Идентифицированный генофонд растений и селекция / – Санкт-Петербург, 2005. – С.644–662.

12. Павлючук, Н.В. Генотипирование сортов картофеля белорусской селекции по устойчивости к Y- вирусу / Н.В. Павлючук, Е.А. Волуевич // Материалы Междун. науч. конф. «Генетика и биотехнология XXI века: проблемы, достижения, перспективы» / – Минск, 2012. – С.92.

METHOD OF MULTIPLEX PCR FOR SEARCHING POTATO GENOTYPES RESISTANT TO Y - AND S - VIRUSES

PAVLYUCHUK N.V., VOLUEVICH E.A., MAKHANKO V.L., RUSETSKY N.V.

SUMMARY

The method, which allows detection of dominant alleles of $Ry-f_{sto}$ and Ns , resistance genes to Y- and S- viruses respectively in one multiplex PCR, was developed. Seven cultivars and five hybrids (carriers of $Ry-f_{sto}$) as well as 2 cultivars with Ns gene were selected by CAPS of markers $GP122_{564}$ and $SC811_{260}$ to these genes. The selected sources of resistance to Y- and S- viruses are recommended for use in potato breeding for this trait.

Key words: potato, viruses, resistance, genes, PCR-markers.

Поступила в редакцию 12.03.2013 г.

УДК 635. 21: 57. 088. 6: 632. 38

ГОРИЗОНТАЛЬНЫЙ ПЕРЕНОС ЧУЖЕРОДНЫХ ГЕНОВ ПРИ ИСПЫТАНИИ ТРАНСГЕННЫХ ОБРАЗЦОВ С ГЕНОМ БЕЛКА ОБОЛОЧКИ Y-ВИРУСА КАРТОФЕЛЯ В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ

Родькина И.А., Улитина Н.С., Яковлева Г.А.

РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству», Республика Беларусь

E.mail: rodkina@tut.by

РЕЗЮМЕ

В полевых экспериментах по определению возможности горизонтального переноса чужеродных генов нетрансформированным растениям в качестве источников трансгенной пыльцы использованы образцы картофеля сорта Белорусский 3 с кассетами экспрессии репортерного гена npt II и целевого гена белка оболочки Y-вируса картофеля (БО YVK) и их генеративное потомство, отобранное по проявлению маркерного и целевого генов. В качестве растений-ловушек были использованы: растения сорта Росинка, высаженные на расстоянии 0,7–7,0 м от опытных участков трансгенных образцов (2007 г.); растения сорта Дубрава, высаженные на расстояние 0,7–10,5 м (2010 г.). Наличие трансгенных форм в генеративном потомстве растений-ловушек определяли по фенотипическому проявлению маркерного гена npt II (укоренение на селективной среде с антибиотиком канамицином) и методом ПЦР. При сопоставлении полученных результатов выявлен факт горизонтального переноса чужеродных генов на расстояние 6,3 м от трансгенных образцов (для растений сорта Росинка, 2007 г.). Доля трансгенных семян составила 5,56%, что свидетельствует о случайном характере переноса.

Ключевые слова: картофель, трансгенные растения, генеративное потомство, горизонтальный перенос генов, маркерный ген npt II, фенотип, ПЦР.

ВВЕДЕНИЕ

Основным экологическим риском, связанным с введением трансгенных растений в селекционный процесс, является горизонтальный перенос генов – передача генов близким и родственным видам (как культурным, так и дикорастущим) [1]. Потенциальная опасность горизонтального переноса заключается в том, что новые привнесенные признаки могут дать дополнительные преимущества диким видам растений, что приведет к их быстрому распространению, и как следствие,

появлению так называемых «суперсорняков» и увеличению засоренности полей.

Правильная оценка возможности горизонтального переноса генов позволяет установить дистанцию при совместном выращивании трансформированных и генетически неизмененных растений для предотвращения засорения чистого сорта генетически модифицированным. Особенно высок риск засорения в случае ветроопыляемых растений, когда пыльца может разноситься ветром на расстояние в несколько километров [2]. Высвобождение трансгенных растений картофеля в окружающую среду может произойти несколькими путями. Наиболее очевидный вариант – образование семян от опыления трансгенной пыльцой на нетрансформированных растениях культурных сортов, либо на растениях других видов *Solanum*, которые могут прорасти на следующий год. Так же потенциальным источником распространения трансгенов в окружающую среду могут быть клубни трансгенных образцов, оставленные на поле после уборки урожая. Однако для трансгенного картофеля (как и для культурных сортов) вероятность стать «сорняком» сводится к минимуму, так как в целом адаптивные возможности картофеля в природной среде весьма ограничены. В условиях умеренного климата, с морозными зимами, только 20% клубней могут прорасти в следующем сезоне [3]. В Новой Зеландии были проведены исследования, в которых показано, что частота прорастания «сорного» трансгенного картофеля меньше, чем культурного и составляет 0,4–2,9 шт. на 1 м² [4]. Даже эти растения сохраняются на поле не более 2 лет, т.к. вытесняются более агрессивными сорными растениями [5].

Исследования по определению расстояния, на которое может распространяться пыльца трансгенного картофеля, проводятся уже более 20 лет, в их основе лежит определение частоты образования трансгенного генеративного потомства у нетрансформированных растений (растения-ловушки пыльцы), выращиваемых на определенном расстоянии от генетически трансформированного картофеля. Одним из обязательных условий экспериментов является синхронизация времени цветения трансгенного картофеля и растений-ловушек [6]. Основным способ размножения картофеля в производстве – размножение клубнями, поэтому исследований по определению расстояния, на которое может переноситься трансгенная пыльца картофеля, проводилось немного.

Для большинства независимых исследований выявлена следующая тенденция: доля трансгенного потомства на близких расстояниях (1–3 м) от опытных трансгенных образцов колеблется от 1% до 24% и резко снижается уже на удалении 3–5 м [7–10]. В тоже время I. Skogsmyr [11] отмечена высокая частота обнаружения трансгенного потомства на расстоянии 1000 м от посадок генетически модифицированного картофеля. Однако, позже A.J. Conner и P.J. Dale показано, что основная часть полученных I. Skogsmyr данных ПЦР имела ложно положительные результаты [12]. Таким образом, большинство исследователей считают

расстояние 20 м оптимальным при коммерческом выращивании трансгенного и генетически неизмененного картофеля [6].

Родственными видами картофеля в умеренных широтах европейской зоны, произрастающими в естественных условиях, являются паслен черный (*S.nigrum*) и паслен сладко-горький (*S.dulcamara*). Eijlander R. с соавторами показали, что перенос трансгенной пыльцы близкородственным видам *Solanum* в полевых условиях маловероятен: для *S.nigrum* полученное генеративное потомство было стерильным, слабым и практически нежизнеспособным [13]. Позже, A.J. Conner провел подобные эксперименты для *S.dulcamara*, в результате которых перенос трансгенной пыльцы не установлен [10]. Следовательно, передача генов от трансгенного картофеля к диким сородичам крайне маловероятна [14].

При определении безопасного расстояния для выращивания генетически модифицированного картофеля от основных посадок кроме данных о горизонтальном переносе генов принимается во внимание цель культивирования посадок картофеля, которые являются предполагаемыми рецепторами трансгенной пыльцы. Это может быть получение чистого семенного материала, получение экологически чистого картофеля либо выращивание для потребительских нужд. Законодательство различных стран, где разрешено выращивать генетически модифицированные культуры, устанавливают свои требования: расстояние между трансгенным картофелем и традиционными сортами: от 3 м (Голландия) до 50 м (Польша); между трансгенным и экологически чистым картофелем от 10 м (Голландия) до 100 м (Латвия) [15].

В Республике Беларусь в 2006 году принят Закон Республики Беларусь «О безопасности генно-инженерной деятельности» № 96-З, и разработаны соответствующие нормативные документы, которые определяют требования безопасности при осуществлении отдельных видов генно-инженерной деятельности. Однако, четких рекомендаций по пространственному размещению посадок трансгенных и нетрансформированных культур законодательно не определено. В тоже время, для таких научных селекционно-семеноводческих учреждений как РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству», где в полевых условиях проводится гибридизация и сбор ботанических семян картофеля, установление безопасного расстояния при полевых испытаниях трансгенных растений безусловная необходимость для предотвращения неконтролируемого высвобождения трансгенных растений.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

В качестве источников трансгенной пыльцы были использованы исходные трансгенные образцы картофеля с кассетами экспрессии репортерного гена *npt II* и целевого гена белка оболочки Y-вируса картофеля (БО YVK) и их генеративное потомство, отобранное по

проявлению маркерного и целевого признаков [16,17]. Исходные трансгенные образцы были получены сотрудниками Центра «Биоинженерия» РАН трансформацией сорта Белорусский 3 и в рамках Договора о творческом сотрудничестве переданы в РУП «Институт картофелеводства НАН Беларуси» [18,19].

Распространение пыльцы и перекрестное опыление определяется несколькими факторами: масштабы поля, на котором выращивается генетически модифицированная культура (в литературе существуют исследования, где показана зависимость между площадью испытываемого поля и уровнем перекрестного опыления [20]); наличие насекомых-опылителей (для облегчения перекрестного опыления и самоопыления необходимо присутствие насекомых, в частности, шмели являются хорошими опылителями картофеля; ветер в перекрестном опылении картофеля играет незначительную роль [20]); экологические факторы – расстояние, на которое может рассеиваться пыльца, меняется в зависимости от климатических условий (температура и влажность воздуха, количество света, осадки, скорость ветра), местной растительности, рельефа местности и др. [21]; степень синхронности цветения трансгенных форм и растений-ловушек (периоды цветения растения-донора и рецептора должны совпадать, или хотя бы пересекаться, для обеспечения высокой степени перекрестного опыления).

Испытания трансгенного картофеля проводили на специализированном опытном участке лаборатории биотехнологии, размещенном в селекционном севообороте РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству» вблизи д. Николка, Узденский район, Минская область.

Карта расположения опытного поля для испытания трансгенного картофеля представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Расположение опытного участка для испытания трансгенного картофеля (стрелка указывает границы опытного поля)

Опытное поле представляет собой огороженный полевой участок трапециевидной формы, общей площадью 1 га. Объект, ориентирован с юга-запада на северо-восток, с трех сторон изолирован лесным массивом; с южной стороны – лесопосадка, шириной не более 10 м, за которой были размещены основные посадки опытного материала лаборатории исходного материала картофеля. Ближайший населенный пункт – деревня Николка, располагается на расстоянии около 1 км.

Полевые эксперименты по определению возможности горизонтального переноса чужеродных генов нетрансформированным растениям в полевых условиях проводились нами в два этапа. В 2007 году в качестве растений-ловушек были использованы растения сорта Росинка, которые были высажены на защитных полосах на расстоянии 0,7–7,0 м. Нетрансформированный сорт Росинка, одной группы спелости с исходным сортом Белорусский 3, соответственно время цветения с трансгенными образцами было синхронизировано. Ягоды от свободного опыления растений-ловушек были собраны на различном расстоянии от делянок трансгенных образцов – от 0,7 м до 6,3 м. В зимний период 2007–2008 гг. из ягод были выделены ботанические семена в количестве 3926 шт.

В 2010 году эксперимент был проведен повторно. На защитных полосах опытного участка с посадками трансгенного картофеля с геном БО Y-вируса картофеля и их генеративного потомства были высажены 15 рядов растений-ловушек пыльцы сорта Дубрава, отличающегося высокой способностью образовывать ягоды от свободного опыления (расстояние 0,7-10,5 м). Периоды цветения растений Дубравы и трансгенных образцов с геном БО YВК практически совпадали, так как в посадках 2010 года присутствовали трансгенные гибриды ранней и средней групп спелости.

Растения-ловушки пыльцы были высажены непосредственно за опытными делянками с трансгенными растениями, минимальное расстояние – 70 см. Схема посадки в обоих случаях (2007, 2010 гг.) – 30×70 см. С каждого ряда защитной полосы были собраны ягоды и в зимний период 2010–2011 года из ягод были выделены ботанические семена. Ягоды в обоих экспериментах были отмыты вручную от мезги, отделены в воде методом осаждения, высушены на фильтровальной бумаге, расфасованы по отдельным ягодам в бумажные пакетики и оставлены на хранение в сухом проветриваемом помещении. Общее число семян для сорта Дубрава составило 93925 шт.

Цветение, образование ягод и семян у картофеля сильно колеблется в зависимости от условий вегетационного периода. Метеорологические данные (температура воздуха, количество осадков) за вегетационные периоды 2007 и 2010 годов представлены в таблице 1.

В течение вегетационного периода 2007 года отмечены повышенные температуры в мае, июне, августе, недостаток влаги в июне, августе и переизбыток в июле. Температура воздуха в мае превысила среднее многолетнее значение на 2,0⁰С, июне на 2,3⁰С, в августе – на 3,4⁰С

(таблица 1). Количество выпавших осадков в мае превысило среднее многолетнее значение на 11,8% в июле – на 21,4%. В то же время отмечен недостаток влаги в июне и августе на 43,0% и 73,0% соответственно.

Таблица 1 – Метеорологические показатели за май – август 2007, 2010 годы (по данным АС «Минск», п. Самохваловичи Минского района)

Месяц	Температура воздуха, °С			Количество осадков, мм		
	среднее многолетнее	2007 г.	2010 г.	среднее многолетнее	2007г.	2010 г.
Май	12,4	14,4	15,0	61	72,3	103,9
Июнь	16,1	18,4	18,6	81	46,1	161,0
Июль	17,6	17,8	22,9	90	109,3	105,6
Август	16,3	19,7	21,6	83	22,4	70,8

Метеоусловия вегетационного периода 2010 года характеризовались высокой температурой воздуха и переувлажнением в мае – июле. Температура воздуха в мае превысила среднее многолетнее значение на 2,6⁰С, июне – на 2,5⁰С, июле – на 5,3⁰С, в августе – на 5,3⁰С. Количество выпавших осадков в мае превысило среднее многолетнее значение на 70,3%, в июне – на 98,8% в июле – на 17,3% (таблица 1).

Оценку канамицин-устойчивости сеянцев нетрансформированного картофеля проводили в соответствии с методическими указаниями, разработанными в РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству» [22]. Для проведения скрининга по проявлению маркерного признака ботанические семена вводили в культуру *in vitro*. После стерилизации хлорсодержащим раствором семена для проращивания высаживали на чашки Петри с агаризованной средой Мурасиге-Скуга (MS) [23]. У проростков сеянцев размером до 1 см срезали верхушку, которую использовали для анализа на селективной среде. Селектирующий антибиотик канамицин вводили в среду после автоклавирования методом «холодной» стерилизации. Верхушечную часть проростков пассировали в колбы на селективную среду (агаризованная среда MS с канамицином (MS-Km 200–220 мг/л)). Учет фенотипического проявления маркерного гена *npt II* у сеянцев от растений-ловушек проводили на 14 и 30 сутки после пересадки на селективную среду с канамицином. При проведении оценки учитывалось два фенотипических признака: укоренение и окраска сеянцев на селективной среде.

Для выделения ДНК были использованы растения *in vitro*, выращенные на стандартной агаризованной среде MS. Для выделения и очистки геномной ДНК использовались коммерческие наборы «Проба-ЦТАБ» фирмы «ДНК-Технология» (Россия) и «Genomic DNA Purification Kit» фирмы «Fermentas» (Литва) согласно прилагаемому протоколу и модификациями, предложенными в методических рекомендациях Ермишина А.П. и др. [24].

Использовали свежие незамороженные навески листочков 1–2 растений, выращенных *in vitro* на стандартной среде MS (200–300 мг). Наличие гена неомycinфосфотрансферазы определяли методом ПЦР с праймерами (5'–CCTTGCTCCTGCCGAGAAAGTATCC, 5'–CGGCAAGCAGGCATCGCCATGTGTC) на ген *npt II* [25]. Олигонуклеотидные праймеры были синтезированы в ИФОХ НАН Беларуси (г. Минск). Реакционная смесь содержала ~50 нг ДНК; буфер Dream Tag фирмы Fermentas, содержащий Mg^{2+} ; 0,4 pmol/ μ l каждого праймера; смесь dNTP фирмы Праймтех (по 200 мкМ каждого нуклеотидтрифосфата); 1,5 ед. Dream Tag полимеразы Fermentas. Объем реакционной смеси составил 20 мкл.

В качестве положительного контроля использовали растения картофеля трансгенного образца d6DII, несущие ген *npt II*; в качестве отрицательного – ДНК нетрансформированных растений *S. tuberosum* (7856376-76) и дигаплоида сорта Ласунок (ЛДГ). ПЦР проводили в термоциклере Veriti 96-Well Thermal Cycler Applied Biosystems by Life Technology, США.

Программа амплификации была следующей: 1) денатурация: 94°C – 5 мин.; 2) 35 циклов: денатурация: 94°C – 10 сек, отжиг: 58°C – 20 сек., элонгация: 72°C – 30 сек.; 3) элонгация: 72°C – 5 мин. Размеры ампликонов определяли методом горизонтального электрофореза в агарозном геле путём сравнения с маркерными линейными фрагментами ДНК производства Fermentas (Литва).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Фенотипическое проявление признака «канамицин-устойчивость» в генеративном потомстве растений-ловушек сортов Росинка и Дубрава.

Ген *npt II*, часто используемый в генетической инженерии в качестве репортерного гена, контролирует синтез фермента неомycinфосфотрансферазы II, что обеспечивает корнеобразование у трансгенных растений, несущих этот ген – устойчивость на селективной среде с антибиотиком канамицином. После проведения агробактериальной трансформации оценку канамицин-устойчивости для первичных трансформантов проводят по корнеобразованию на селективной среде [26]. Учет укоренения трансформантов проводят на 14 сутки после пассажа на селективную среду. Неустойчивые сеянцы на селективной среде этиолированы, без корней, имеют белый стебель с чешуевидными листьями. Относительно устойчивые сеянцы – единичные маленькие корни, хорошо развитые зеленые стебель и листья. Канамицин-устойчивые сеянцы имеют нормально развитые зеленые листья и стебель, развитую корневую систему [26]. В наших исследованиях при первичном отборе генеративного потомства трансгенных образцов по фенотипическому

проявлению маркерного гена *npt II* учет проведён дважды на 14 и 30 сутки после пассажа на MS-Km среду [22].

В 2007 году в качестве опытного материала были использованы семена от свободного опыления, полученные на нетрансформированных растениях-ловушках пыльцы сорта Росинка, на расстоянии от 0,7 м до 6,3 м. Первоначально для оценки фенотипического проявления гена *npt II* были использованы семена, собранные на расстоянии 1,4 м, затем в эксперимент были введены семена, собранные с расстояния 5,6 и 6,3 м (таблица 2).

Семена были пророщены в культуре *in vitro*, при достижении проростков высоты примерно 1,0 см проводили их декапитацию и пересадку верхушечной части сеянцев в колбы с селективной средой (MS-Km, 200-220 мг/л). Результаты учета канамицин-устойчивости генеративного потомства нетрансформированных растений, полученного на расстоянии 1,4, 5,6 и 6,3 м, на 30 сутки культивирования на селективной среде представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Распределение по фенотипу генеративного потомства растений-ловушек сорта Росинка, высаженных на расстоянии 1,4 м, 5,6 м и 6,3 м от делянок трансгенных образцов с геном БО YVK, на 30-е сутки культивирования на селективной среде (MS-Km, Km 200-220 мг/мл)

Расстояние	Количество сеянцев, шт.	Фенотип сеянцев на селективной среде							
		Зеленые укоренившиеся		Зеленые неукоренившиеся		Мозаичные		Белые	
		шт.	%	шт.	%	шт.	%	шт.	%
1,4 м	111	0	0	35	31,53	27	24,32	49	44,15
5,6 м	147	0	0	43	29,25	84	57,14	20	13,61
6,3 м	36	2	5,56	8	22,22	18	50,00	8	22,22

В соответствии с данными учета на 30-е сутки культивирования генеративного потомства нетрансформированных растений, высаженных на расстоянии 1,4 м от трансгенных образцов, на среде MS-Km были отмечены три фенотипа сеянцев: «зеленые неукоренившиеся», «мозаичные» и «белые», в соотношении 35 : 27 : 49 (расчетное соотношение фенотипов 1,29 : 1 : 1,4). Таким образом, среди генеративного потомства, полученного на расстоянии 1,4 м, не выявлено «укоренившихся» сеянцев.

Отсутствие укоренившихся сеянцев с расстояния 1,4 м обусловило проведение экспериментов с генеративным потомством, полученным на расстоянии 5,6 м и 6,3 м. При культивировании на селективной среде среди генеративного потомства, полученного на расстоянии 5,6 м, также не обнаружено сеянцев с фенотипическим проявлением гена *npt II* (таблица 2). Согласно полученным данным выявлено расщепление 147 сеянцев (расстояние 5,6 м) на три фенотипических класса: «зеленые

неукоренившиеся», «мозаичные» и «белые», в соотношении 43 : 84 : 20 (расчетное – 2,15 : 4,2 : 1).

При культивировании на селективной среде полового потомства, полученного на расстоянии 6,3 м, отмечено распределение 36 сеянцев на четыре фенотипических класса: «укоренившиеся», «зеленые неукоренившиеся», «мозаичные» и «белые». Фактическое расщепление по фенотипу: 2 «укоренившихся»: 8 «зеленые неукоренившиеся»: 18 «мозаичные»: 8 «белые» соответствует расчетному 0,25 : 1 : 2,25 : 1. Полученное фактическое расщепление не соответствует ни одному из возможных вариантов скрещиваний как при моногенной, дигенной, так и при тригенной схемах наследования признака. При объединении классов «зеленые неукоренившиеся» и «мозаичные» расчетное расщепление составляет 0,25 : 3,25 : 1, что так же не укладывается ни в одну из возможных схем.

В соответствии с данными литературы ген *npt II* имеет доминантный характер наследования. Следовательно, если бы произошло опыление нетрансформированных растений сорта Росинка пыльцой трансгенных образцов, то доля сеянцев фенотипа «укоренившиеся» была бы гораздо больше, чем 5,56% и составила бы не менее 30%. Если предположить случайный характер проявления класса «укоренившиеся», как результат переноса пыльцы насекомыми, сельскохозяйственной техникой при проведении уходов, то фактическое расщепление по фенотипу, с примерно одинаковой вероятностью, достоверно соответствует соотношениям фенотипов: а) 1 : 2 : 1 ($\chi^2=0,088$) – теоретическое ожидаемое расщепление при анализирующем скрещивании генотипа – симплекса по двум генам Aa_3Bb_3 ; б) 3 : 1 ($\chi^2=0,039$) – теоретическое ожидаемое расщепление при самоопылении генотипа Aa_3 .

Обнаружение укоренившихся сеянцев в потомстве нетрансформированных растений-ловушек обусловило повторное проведение эксперимента в 2010 году. Для сорта Дубрава характерны хорошее ягодообразование, высокая способность образовывать полноценные семена при свободном опылении, что теоретически увеличивало вероятность перекрестного опыления с трансгенными образцами картофеля. В результате было получено большое количество ягод и значительное количество выполненных семян (в среднем 467 семян на одну ягоду).

В лабораторном эксперименте по выявлению трансгенных форм в качестве контроля были использованы линии *in vitro* (5 линий) нетрансформированного картофеля сорта Дубрава из базисной коллекции сортов белорусской селекции лаборатории оздоровления и клонального микроразмножения картофеля.

Необходимо отметить, что наиболее ценной является информация о максимально возможном расстоянии, на которое способна рассеиваться пыльца от трансгенного картофеля. Эта граница и определяет требования для выращивания опытного материала относительно посадок генетически

неизмененных сортов в полевых условиях для обеспечения минимального риска возможной гибридизации. Поэтому для проведения скрининга по канамицин-устойчивости, в первую очередь, были использованы семена, полученные на самом дальнем расстоянии (10,5 м). Затем, с шагом 1,4 м, определены еще 4 случайных выборки, одна из которых соответствовала расстоянию, на котором был обнаружен перенос трансгенов для сорта Росинка (таблица 3).

Таблица 3 – Общее количество семян нетрансформированного картофеля сорта Дубрава, введенных в культуру *in vitro*

№ ряда	Расстояние от делянок трансгенного картофеля	Кол-во семян, введенных в культуру <i>in vitro</i>
15	10,5	1338
13	9,1	301
11	7,7	302
9	6,3	299
7	4,9	180
Всего		2 420

Процедура введения в культуру *in vitro*, отсадка проростков на селективную среду и учет укоренения сеянцев нетрансформированного картофеля сорта Дубрава не отличалась от методики, использованной в эксперименте с генеративным потомством от сорта Росинка.

Результаты учета канамицин-устойчивости генеративного потомства нетрансформированных растений, полученного на расстоянии 4,9–10,5 м, на 30 сутки культивирования на селективной среде представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Распределение по фенотипу генеративного потомства растений-ловушек сорта Дубрава, высаженных на расстоянии 10,5 м, 9,1 м, 7,7 м, 6,3 м и 4,9 м от делянок трансгенных образцов с геном БО YВК, на 30-е сутки культивирования на селективной среде (MS-Km, Km 200-220 мг/мл)

№ ряда	Расстояние, м	Количество сеянцев, шт.	Фенотип сеянцев на селективной среде					
			Зеленые неукоренившиеся		Мозаичные		Белые	
			шт.	%	шт.	%	шт.	%
15	10,5	755	106	14,04	111	14,70	538	71,26
13	9,1	213	49	23,00	69	32,39	95	44,61
11	7,7	207	37	17,87	40	19,32	130	62,81
9	6,3	210	38	18,10	55	26,19	117	55,71
7	4,9	104	38	36,54	32	30,77	34	32,69

При проведении оценки фенотипического проявления маркерного гена *npt II* у сеянцев нетрансформированного сорта Дубрава также учитывалось два признака: укоренение и окраска сеянцев на селективной среде.

В соответствии с данными учета на 30-е сутки культивирования генеративного потомства Дубравы на селективной среде MS-Km было отмечено три фенотипа сеянцев: «зеленые неукоренившиеся», «мозаичные» и «белые». У некоторых сеянцев фенотипов «зеленые неукоренившиеся» и «мозаичные» было отмечено образование воздушных корней из пазушных почек, расположенных над селективной средой.

Для контрольного варианта (линии *in vitro* сорта Дубравы) на первую дату учета (14 день от посадки на селективную среду) все сеянцы имели фенотип «зеленые неукоренившиеся», на 30-е сутки все растения имели фенотип «белые».

При суммировании результатов по всем проанализированным сеянцам от сорта Дубрава выявлено проявление морфотипов «зеленые неукоренившиеся», «мозаичные» и «белые» в соотношении 1:1:3. Для отдельных рядов получено следующее соотношение морфотипов «зеленые неукоренившиеся», «мозаичные» и «белые» соответственно: 15 ряд (10,5 м) – 1:1:5; 13 ряд (9,1 м) – 1:1:2; 11 ряд (7,7 м) – 1:1:3; 9 ряд (6,3 м) – 1:1:3; 7 ряд (4,9 м) – 1:1:1.

Таким образом, среди генеративного потомства от растений-ловушек сорта Дубрава не обнаружено сеянцев с фенотипическим проявлением гена *npt II* (укоренение на селективной среде), установлена четкая закономерность распределения генеративного потомства на три фенотипа при культивировании на селективной среде.

ПЦР-анализ наличия гена *npt II* в половом потомстве от свободного опыления растений-ловушек

Наличие канамицин-устойчивых сеянцев в генеративном потомстве, полученном от нетрансформированных растений сорта Росинка на расстоянии 6,3 м, а также образование воздушных корней при культивировании сеянцев на селективной среде обусловило необходимость проведения оценки наличия гена *npt II* методом ПЦР. Для выделения ДНК были использованы растения *in vitro*, выращенные на стандартной агаризованной среде MS [23]. Сеянцы фенотипов «мозаичные» и «белые» после культивирования на селективной среде нежизнеспособны. Поэтому при пересадке сеянцев с чашек Петри проростки разрезали на две части: верхушечный черенок высаживали на селективную среду, параллельно на MS среду высаживали черенок с 1–2 пазушными почками.

Наличие гена неомицинфосфотрансферазы II определяли методом ПЦР с праймерами (5'–CCTTGCTCCTGCCGAGAAAGTATCC, 5'–CGGCAAGCAGGCATCGCCATGTGTC) на ген *npt II* [25]. В качестве положительного контроля использовали растения картофеля трансгенных образцов c4cI, c12cI, d6DII, несущие ген *npt II*; в качестве отрицательного – ДНК нетрансформированных растений *S. tuberosum* (7856376-76) и

дигаплоида сорта Ласунок (ЛДГ). Ожидаемый размер ПЦР-продукта составлял 264 п.н. [25]. В результате реакции ПЦР фрагмент, который находится в пределах 200-300 п. н., что согласуется с литературными данными, был амплифицирован у исходных трансгенных образцов с4С1, с12С1, d6DII. После проведенных экспериментов были подобраны оптимальные условия проведения ПЦР с праймерами на ген *npt II*.

На рисунке 2 представлены результаты ПЦР-анализа на наличие гена *npt II* для 34 семян, полученных от растений-ловушек сорта Росинка на расстоянии 6,3 м от трансгенных образцов. В соответствии с полученными результатами среди проанализированных семян обнаружены варианты, как с наличием, так и отсутствием гена неомизинфосфотрансферазы. По результатам теста, кроме положительного контроля d6DII только 2 из 36 исследуемых семян содержат в своем геноме ген *npt II*.

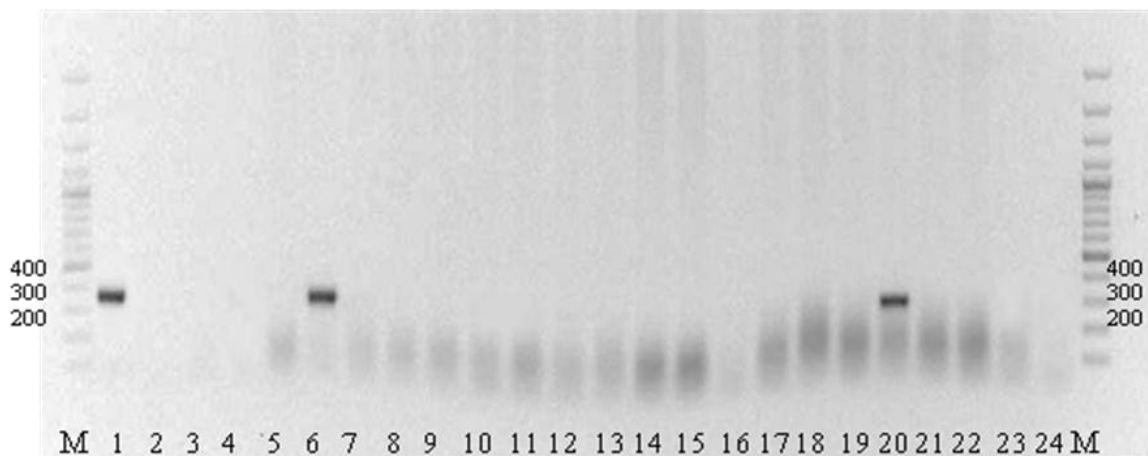


Рисунок 2 – Электрофореграмма разделения ПЦР продуктов семян сорта Росинка (расстояние 6,3 м)

М – маркер; 1 – положительный контроль трансгенный образец с геном *nptII* d6DI; 2 – К- (H₂O); 3 и 4 нетрансформированные растения картофеля.

Сеянцы от сорта Росинка различных морфотипов на селективной среде (MS-Km): 6, 20 – морфотип зеленые с корнями; 14, 19, 12, 23 – морфотип «зеленые без корней»; 5, 7, 8, 10, 13, 15, 16, 22, 24 – морфотип «мозаичные»; 9, 11, 12, 17, 18 – морфотип «белые».

При сопоставлении результатов учета по фенотипу и данных ПЦР-анализа установлено: сеянцы фенотипа «зеленые укоренившиеся» имели положительные результаты ПЦР, т.е. являются носителями гена *npt II*; образование воздушных корней из пазушных почек при культивировании семян на селективной среде с канамицином не связано с наличием и проявлением маркерного гена.

Генеративное потомство растений-ловушек сорта Дубрава также было проанализировано методом ПЦР на наличие маркерного гена. Для

анализа случайным образом было отобрано 44 сеянца различных фенотипов на селективной среде с расстояния 4,9–10,5 м (таблица 5). Согласно результатам ПЦР-анализа гена *npt II* в отобранных сеянцах не обнаружено (рисунок 3).

Таблица 5 – Количество сеянцев сорта Дубрава различных фенотипов на селективной среде, проанализированных методом ПЦР на наличие гена *npt II* (данные 2012 г.)

№ ряда	Расстояние от трансгенного картофеля, м	Количество сеянцев различных фенотипов			Всего
		Зеленые без корней	Мозаичные	Зеленые с воздушными корнями	
7	4,9	7	1	-	8
9	6,3	7	1	-	8
11	7,7	9	1	-	10
13	9,1	9	-	-	9
15	10,5	6	2	1	9
Итого		38	5	1	44

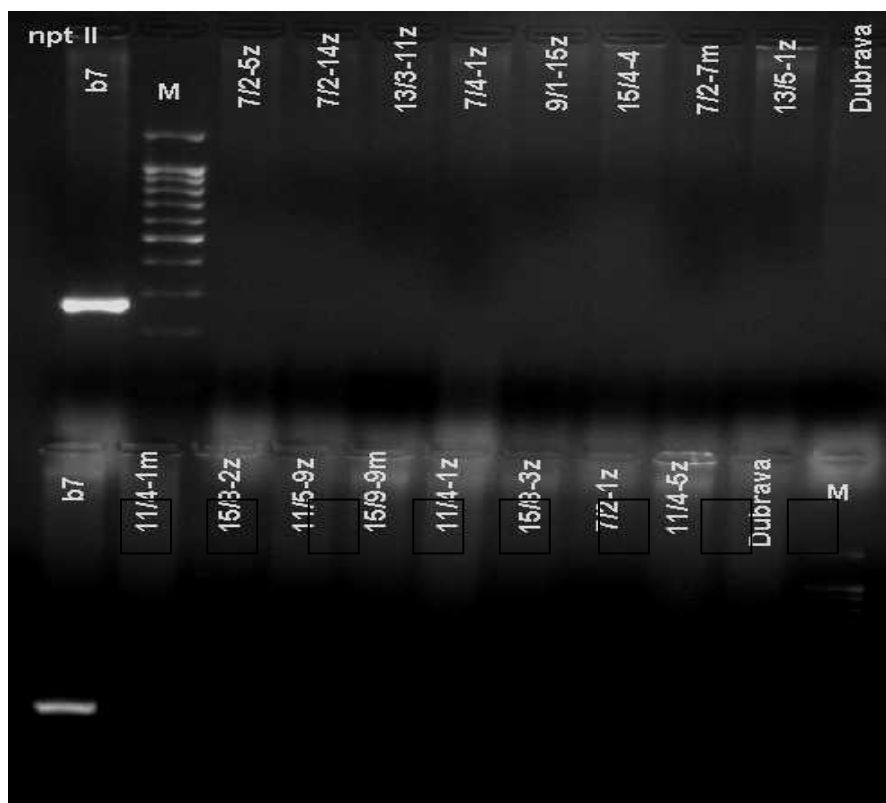


Рисунок 3 – Электрофореграмма разделения ПЦР-продуктов сеянцев от растений-ловушек сорта Дубрава

М – маркер; b7 – положительный контроль трансгенный образец с геном *nptII* b7;

Dubrava – линии *in vitro* нетрансформированного сорта Дубрава;

Обозначение сеянцев от сорта Дубрава различных морфотипов на селективной среде (MS-Km): первая цифра – номер ряда, z – морфотип «зеленые без корней», m – морфотип «мозаичные», без буквенного обозначения – морфотип «белые»; например

15/3-2z – сеянец с 15-го ряда морфотип «зеленые без корней».

Согласно полученным методом ПЦР данным, наличие маркерного гена *npt II* подтверждено только у одного фенотипического класса сеянцев «зеленые укоренившиеся» (растения-ловушки сорта Росинка). При сопоставлении результатов теста на селективной среде с канамицином и наличия гена *npt II* методом ПЦР установлено, что образование воздушных корней у сеянцев от нетрансформированных растений картофеля не связано с экспрессией маркерного гена.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При культивировании на селективной среде генеративного потомства от свободного опыления растений нетрансформированного сорта картофеля Дубрава, высаженных на расстоянии 0,7–10,5 м от трансгенных растений картофеля с маркерным геном *npt II* выявлено расщепление сеянцев на три фенотипических класса: «зеленые без корней», «мозаичные» и «белые»; для генеративного потомства от свободного опыления растений нетрансформированного сорта картофеля Росинка, высаженных на расстоянии 0,7–6,3 м от трансгенных образцов, выявлено четыре фенотипа: «зеленые укоренившееся», «зеленые без корней», «мозаичные» и «белые».

В соответствии с данными ПЦР-анализа проявление фенотипа «зеленые укоренившиеся» в генеративном потомстве нетрансформированных растений сорта Росинка, полученном на расстоянии 6,3 м от трансгенных образцов связано с экспрессией маркерного гена.

Низкая частота трансгенных сеянцев в генеративном потомстве растений-ловушек сорта Росинка свидетельствует о случайном его характере: либо техническим персоналом и сельскохозяйственной техникой при проведении уходов, либо насекомыми-опылителями.

Полученные экспериментальные данные позволили сделать следующие выводы:

– при проведении полевых испытаний трансгенных растений картофеля в научных учреждениях необходим вывод опытного участка из массива селекционных посадок картофеля, где возможно проведение целенаправленной гибридизации на опытных делянках;

– минимальное изоляционное расстояние от основных посадок картофеля должно составлять не менее 10 м.

– кроме пространственной изоляции возможны и некоторые технические способы уменьшения вероятности переноса пыльцы в окружающую среду: ограждение опытного поля, где выращивается трансгенный картофель, для предотвращения несанкционированного проникновения на территорию людей и животных, а также посадка защитных полос картофеля по всему периметру испытываемого трансгенного материала для осаждения пыльцы на близком расстоянии.

Применение этих методов вместе с соблюдением изоляционных мер при выращивании трансгенного и генетически неизмененного картофеля определяет минимальную вероятность их скрещивания в полевых условиях.

Литература

1. Conner, A.J. The release of genetically modified crops into the environment: II. Overview of ecological risk assessment / A.J. Conner, T.R. Glare, J.P. Nap // Plant J. – 2003. – Vol. 33, № 1. – P. 19-46.

2. Труве, Э. Как оценивать влияние ГМО на окружающую среду / Э. Труве, М. Коппель, Л. Т. Леванди. – Таллин: Мин-во окружающей среды, 2008. – 21 с.

3. Lutman, P.J. Investigations into some aspects of the biology of potatoes as weeds / P.J. Lutman // Weed Res. – 1977. – Vol. 17. – P. 123-132.

4. Reader, J.K. Monitoring the invasiveness of volunteer transgenic potatoes following field trials / J.K. Reader [et al.] // International Association for Plant Tissue Culture and Biotechnology: Abstracts of the 16th Biennial meeting of The New Zealand Branch, Christchurch, February, 2005 / Crop and Food Research. – Christchurch, 2005. – P. 48.

5. Conner, A.J. Transgenic potatoes versus "traditional" potatoes: What's the difference / A.J. Conner, J.M.E. Jacobs, R.A. Genet // Commercialization of transgenic crops: risk, benefits and trade considerations. – Canberra: Cooperative Research Centre for Plant Science and Bureau of Resource Sciences, 1997. – P. 23-36.

6. Conner, A.J. Biosafety Evaluation of Transgenic Potatoes: Gene Flow from Transgenic Potatoes / Conner A.J. // Ecological and Environmental Biosafety of Transgenic Plants: Proceedings of International Symposium, Taichung, December 7-8, 2006 / Taiwan Agricultural Research Institute. – Taichung, 2006. – P. 127-140.

7. Tynan, J.L. Low frequency of pollen dispersal from a field trial of transgenic potatoes / J.L. Tynan, M.K. Williams, A.J. Conner // Journal of Genetics and Breeding. – 1990. – Vol. 44, № 4. – P. 303-305.

8. Dale, P.J. Gene dispersal from transgenic crops by pollen / P.J. Dale, [et al.] // The Biosafety Results of Field Tests of Genetically Modified Plants and Microorganisms: Proceedings of the 2nd International Symposium,

Braunschweig, May 11-14, 1992 / Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft. – Braunschweig, 1992. – P. 73-78.

9. Conner, A.J. Monitoring "escapes" from field trials of transgenic potatoes: A basis for assessing environmental risks / A.J. Conner // Seminar on Scientific Approaches for the Assessment of Research Trials with Genetically Modified Plants: OECD Report, Jouy-en-Josas, April, 1992 / Organization for Economic and Co-Operation Development. – Paris, 1993. – P. 33-39.

10. Conner, A.J. Biosafety assessment of transgenic potatoes: environmental monitoring and food safety evaluation / A.J. Conner // The Biosafety Results of Field Tests of Genetically Modified Plants and Microorganisms: Proceedings of the 3rd International Symposium, Monterey, November 13-16, 1994 / University of California. – Oakland, 1994. – P. 245-262.

11. Skogsmyr, I. Gene dispersal from transgenic potatoes to nonspecifics: a field trial / I. Skogsmyr // Theor. Appl. Genet. – 1994. – Vol. 88. – P. 770-774.

12. Conner, A.J. Reconsideration of pollen dispersal data from field trials of transgenic potatoes / A.J. Conner, P.J. Dale // Theor. Appl. Genet. – 1996. – Vol. 92, № 5. – P. 505-508.

13. Eijlander, R. Biological containment of potato (*Solanum tuberosum*) – outcrossing to its related wild species black nightshade (*Solanum nigrum*) and bittersweet (*Solanum dulcamara*) / R. Eijlander, W.J. Stiekema // Sexual Plant Reproduction. – 1994. – Vol. 7, № 1. – P. 29-40.

14. Goy, P.A. Assessing the environmental impact of gene transfer to wild relatives / P.A. Goy, J.H. Duesing // Biotechnology. – 1996. – Vol. 14, № 1. – P. 39-40.

15. Andersson, M. Gene Flow between Crops and Their Wild Relatives / M. Andersson, M. Carmen de Vicente // The Johns Hopkins University Press. – 2009. – P. 361-380.

16. Родькина, И.А. Отбор урожайных исходных форм для селекции картофеля среди устойчивых к УВК трансгенных образцов и гибридов / И.А. Родькина, Г.А. Яковлева // Картофелеводство: сб. науч. тр. / РУП «Науч.-практ. Центр НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству»; редкол.: В.Г. Иванюк (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2009. – Т. 16. – С. 42 – 53.

17. Родькина, И.А. Наследование чужеродных признаков в генеративном потомстве трансгенных растений картофеля / И.А. Родькина, Н.С. Улитина, Г.А. Яковлева // Картофелеводство: сб. науч. тр. / РУП «Науч.-практ. Центр НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству»; редкол.: С.А. Турко (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2011. – Т. 19. – С. 254 – 266.

18. Пугин, М.М. Влияние 5'-лидера Х-вируса картофеля на экспрессию гена белка оболочки Y-вируса картофеля в трансгенных растениях *Solanum tuberosum*. / М.М. Пугин [и др.] // Молекулярная биология. – 1994. – Т.28, Вып.4. – С.752-759.

19. Пугин, М.М. Изучение и применение 5'-лидера геномной РНК Х-вируса картофеля как усилителя экспрессии гетерологичных генов в растениях: автореф. дис. ...канд. биол. наук: 03.00.03/ М.М. Пугин; РАН, Центр «Биоинженерия». – Москва, 1994. – 26 с.

20. White, J.W. Pollination of potatoes under natural conditions / J.W. White // CIP Circular. – 1983. – Vol. 11, No. 1-2. – P. 35-45.

21. Treu, R. Pollen dispersal in the crops Maize (*Zeamays*), Oilseed rape (*Brassica napus spp. oleifera*), Potatoes (*Solanum tuberosum*), Sugarbeet (*Betavulgaris ssp. vulgaris*) and Wheat (*Triticumeastivum*) / R. Treu, J. Emberlin // A Report for the soil association: National pollen research unit. – UK, 2000. – P. 1-54.

22. Родькина, И.А. Методические указания по первичному отбору гибридных семян от трансгенных растений картофеля по маркерному признаку/ И.А. Родькина [и др.] // РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству». – Минск, 2008. – 23 с.

23. Murashige, T. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures / T. Murashige, F. Skoog // Physiol. Plant. – 1962. – Vol. 15, № 13. – P. 473-497.

24. Оценка исходного материала картофеля для селекции на устойчивость к болезням и вредителям с помощью специфических ПЦР-маркеров: методические рекомендации / А.П. Ермишин [и др.] // Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, Национальная академия наук Беларуси, Государственное научное учреждение «Институт генетики и цитологии НАН Беларуси». – Минск: Право и экономика, 2010. – 60 с.

25. Efficacy of an intron-containing kanamycin resistance gene as selectable marker in plant transformation / G. Libiakova [et al] // Plant Cell Reports. – 2001. – Vol. 20. – P. 610-615.

26. Методические указания по получению трансформированных растений картофеля / Рос. акад. с.х. наук, ВНИИКХ. – М., 1995. – 15 с.

GENE TRANSFER BY POLLEN FROM TRANSGENIC POTATOES WITH CP PVY GENE TO NON-TRANSGENIC POTATOES IN FIELD TESTS.

RODZKINA INNA A., ULITSINA NATALYA S., YAKOVLEVA GALINA A.

SUMMARY

*The transgenic potatoes with marker gene **npt II** and the target gene of CP PVY have been used as a source of transgenic pollen for the assessment the possibility of horizontal transfer of foreign genes. Field experiments were carried during the two years (2007 and 2010). As a plants-traps of transgenic pollen were used: in 2007 - non-transformed plants of cv. Rosinka that were planted at a distance of 0,7-7,0 m from the transgenic lines, in 2010 - non-transformed plants cv. Dubrava that were planted at a distance of 0,7-10,5 m. The presence of transgenic forms in the generative progeny of untransformed plants-traps was determined by the phenotypic expression of the marker gene (the rooting on selective medium with kanamycin), and the PCR method. After summation of the results, the fact of horizontal transfer of foreign genes at a distance 6.3 m was revealed (for plants cv. Rosinka, 2007). The frequency of transgenic seedlings was low (5.56%) what are indicating to the random nature of the gene transfer.*

Keywords: potato, transgenic plants, generative progeny, gene transfer, a marker gene *npt II*, phenotype and PCR determination.

Поступила в редакцию 29.04.2013 г.

УДК 635.21:631.811

ОЦЕНКА СОРТОВ КАРТОФЕЛЯ БЕЛОРУССКОЙ СЕЛЕКЦИИ ИЗ КОЛЛЕКЦИИ ВИР В УСЛОВИЯХ МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ

Травина С.Н., Абакшина С.В., Жигadlo Т.Э.

Филиал Полярная опытная станция ГНУ ВИР Россельхозакадемии

E mail swetusic@mail.ru

РЕЗЮМЕ

Представлены результаты испытания 35 сортов картофеля белорусской селекции из коллекции ВИР в условиях Мурманской области, из которых на основании хозяйственно-ценных признаков выделены наиболее продуктивные и пластичные сорта.

Ключевые слова: климатические условия, картофель, коллекция ВИР, хозяйственно-ценные признаки, сорт.

ВВЕДЕНИЕ

Мурманская область расположена между 66°03' и 69°57'с.ш. и 28°25' и 41°26' в.д. Почти вся она лежит за Полярным кругом на Кольском полуострове. [1].

Для региона характерны резко меняющиеся условия внешней среды, с большой амплитудой колебания температур воздуха, которые выступают на Кольском полуострове лимитирующим фактором. Установлено, что для формирования максимального урожая картофеля в условиях Мурманской области необходима сумма активных температур (больше +10°) 700-850 °С, а сумма температур более +5 °С – 760-950 °С [2;3;4].

Таким образом, Мурманская область представляет собой северную границу ареала возделывания сельскохозяйственных культур в европейской части России. Растениям в этих условиях для нормального роста необходимо обладать широким диапазоном адаптивности к основным абиотическим (температура, свет, осадки, влажность) факторам среды.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

В статье приведены результаты исследований, полученные на Полярной опытной станции ВИР с 1998 по 2012 гг., а так же метеорологические данные, полученные ГУ «Мурманская УГМС» ГМС г. Апатиты Мурманской области за этот же период. За это время было изучено свыше 1500 сортообразцов из различных стран мира, 35 из которых были представлены сортами белорусской селекции.

Наблюдения и оценка сортов проводилась на полях Филиала Полярная опытная станция ГНУ ВИР Россельхозакадемии. Изучение сортов произведено согласно Методическим указаниям по изучению и поддержанию образцов мировой коллекции картофеля [5;6]. Стандартом для раннеспелых сортов служили раннеспелый сорт Хибинский ранний; для среднеспелых сортов стандартами дополнительно был сорт Имандра. Для позднеспелой группы в качестве стандарта выступал также сорт с Хибинский ранний.

Для статистической обработки данных был использован пакет статистики в программе Excel Microsoft Word.

Исследования проводились на освоенных мелиорированных землях 26-го года пользования, площадью 0,5 га. Почвы – подзолистые культурные. pH = 4.9 ± 0.05 ; содержание органических веществ $9,93\% \pm 0,5$; P_2O_5 - 61.6 ± 2.0 мг/100 г; нитратного азота - 5.9 ± 1.0 мг/кг; K_2O – 29.8 ± 3.7 мг/100 г.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

За 14 летний период исследований коллекции по картофелю на станции в разные годы было изучено 35 сортов из Республики Беларусь. Из них к раннеспелой и среднеранней группе относятся 10 сортов: Архидея, Дельфин, Дина, Каприз, Лазурит, Лилея, Лань, Нептун, Одиссей, Явар; к среднеспелым 6: Живица, Росинка, Скарб, Гранат, Талисман, Янка; к среднепоздним и поздним 18: Ласунак, Альпинист, Атлант, Бригантина, Выток, Верас, Милавица, Орбита, Синтез, Сузорье, Здабытак, Подарунок, Журавинка, Блакит, Купалинка, Гарант, Акцент, Маг. Продолжительность изучения составляла от 4 до 9 лет по каждому сорту. Исключение составляют сорта Янка и Маг. По ним есть только предварительные результаты за 2 года.

Ранними всходами от посадки (13-14 дней) характеризовались не только сорта из раннеспелой группы (Лазурит, Лань), но и из среднеспелой (Ласунок) и среднепоздней (поздней) групп: Выток, Скарб. Всходы сортов стандартов Хибинского раннего появлялись на 13 день, Имандры на 15 день от посадки.

Стадия бутонизации у раннеспелых и среднеспелых сортов картофеля наступала от 27 дней (Дельфин, Лазурит, Каприз, Ласунак) до 41, 43 дней (Росинка, Архидея) от посадки. У среднепоздних и поздних сортов эта стадия составляла от 31–32 дней (Альпинист, Гарант) до 41-43 дней (Акцент, Атлант, Милавица). Начало цветения у раннеспелых сортов было отмечено на 39-40 день от посадки (Каприз, Ласунак); у позднеспелой группы на 45 (Гарант), 48–49 день (Здабытак, Альпинист). Массовое цветение в раннеспелой и среднеспелой группе начиналось на 46–49 день (Каприз, Лазурит, Одиссей, Ласунак); в позднеспелой группе на 50–51 день от посадки (Скарб, Здабытак). Растянutosть периода от начала до массового цветения составляло в среднем 7–8 дней для раннеспелых

сортов; 3–6 дней для среднеспелых сортов; 1–4 дня для позднеспелых сортов.

Исходя из климатических условий региона, следует, что большое значение имеют сорта картофеля со стабильно высокой продуктивностью и хозяйственной раннеспелостью, с высокими товарными и столовыми качествами. Из всех белорусских сортов, представленных на изучении, ранней отдачей урожая отличались из раннеспелой группы сорта Нептун, Явар. Так для сорта Нептун продуктивность на 70 день после посадки варьировала от 530 до 970 г/куст, товарность с 70% до 88%. Для сорта Явар эти показатели были выше. Его продуктивность составила 590-1490 г/куст, товарность 71-98%. По отношению к стандарту, урожай этих сортов в среднем составил 103%, 135% или 5,7 баллов. Из группы среднеспелых сортов ранним накоплением хозяйственно-значимой продукции отличались сорта Гранат и Скарб. Масса клубней с одного куста для сорта Гранат составила 590-825 г., товарность 46-77%; для сорта Скарб с 530 до 1100 г/куста, товарность 79-97%. Из среднепоздних и поздних сортов с ранним накоплением товарной продукции на 70 день от посадки выделился сорт Здабытак. Его урожай варьировал по годам от 560 до 850 г/куста (рисунок 1), товарность 67-83%.

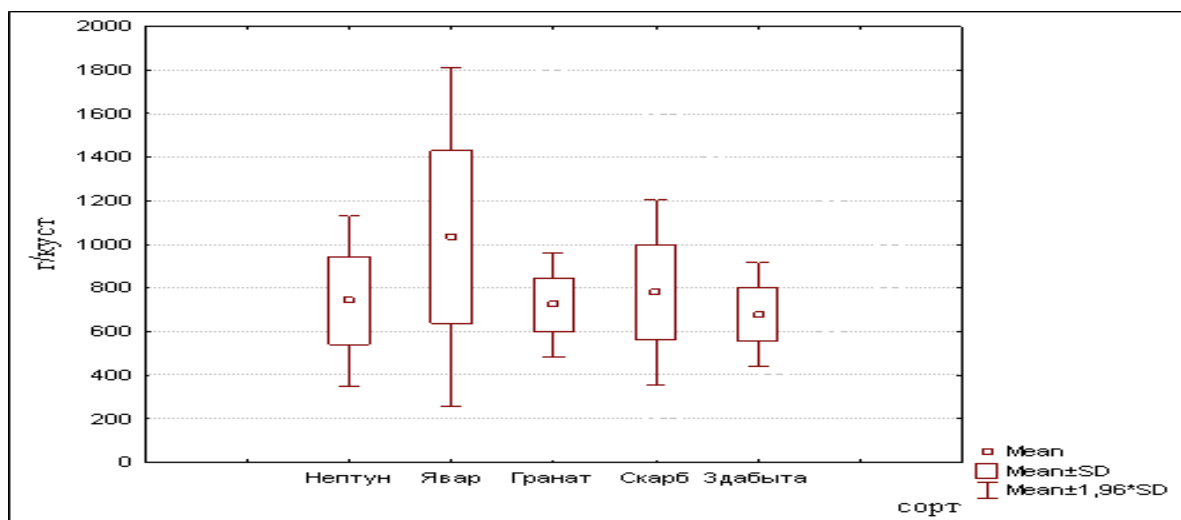


Рисунок 1 Продуктивность сортов картофеля белорусской селекции на 70-й день после посадки

Полученные многолетние данные по продуктивности у изученных сортов свидетельствуют о высоком уровне генетического потенциала и широких адаптивных свойствах данных сортов.

За годы исследований средняя продуктивность по коллекции внутри раннеспелой группы составила 911 г/куст; средняя продуктивность сорта-стандарта Хибинского раннего 960 г/куст. Величина средней

продуктивности по коллекции варьировала по годам от 500 г/куст до 1073г/куст (рисунок 2). Коэффициент вариации был от 21,7 до 30,2%.

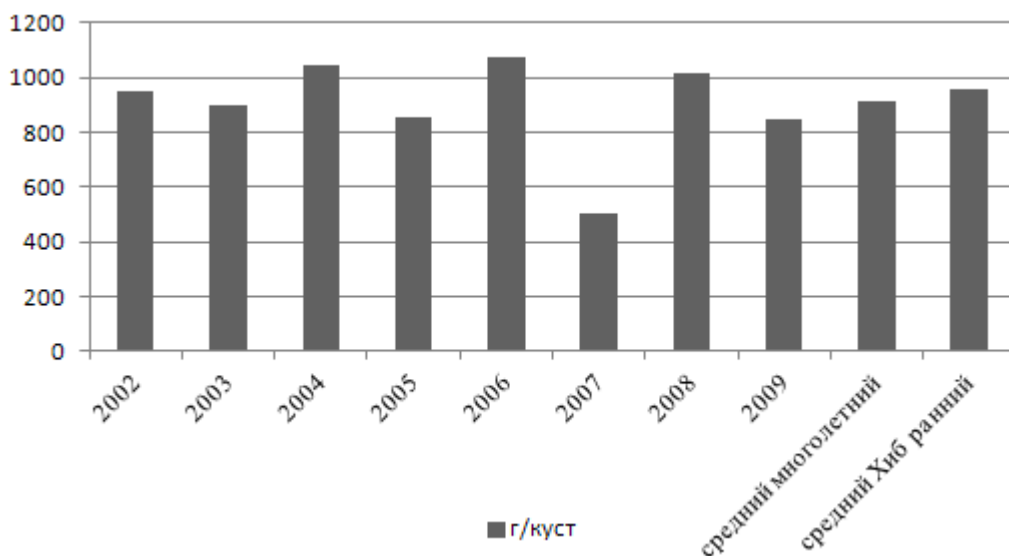


Рисунок 2 – Средняя продуктивность группы раннеспелых сортов (2002–2009 гг.)

Относительно благоприятными по погодным условиям для картофеля были 2004, 2006 гг., когда средняя продуктивность для всех раннеспелых сортов составляла 1042,6 г/куст, 1073,3 г/куст соответственно. Среди сортов этой группы за годы исследований по продуктивности выделились сорта: Дина, Лилея, Явар (таблица 1). Их товарная продукция составила 1129; 978; 1189 г/куст или 118%;102%;124% по отношению к стандарту – сорту Хибинскому раннему, или 124%; 107%;131% по отношению к среднему урожаю по коллекции. На уровне стандарта накопили урожай сорта: Лазурит, Нептун, Одиссей. Очень ранний сорт Каприз в условиях Мурманской области набрал всего 55% урожая по отношению к стандарту. Практически все сорта этой группы имели крупные и очень крупные товарные клубни 102-154 г. Количество товарных клубней в гнезде варьировала от 4,9 штук у сорта Каприз до 10,0 для сорта Дина. Самый урожайный сорт Явар имел в гнезде 8,4 клубня.

Таблица 1 – Результаты комплексной оценки белорусских сортов картофеля раннеспелой группы в условиях Мурманской области

Сорт	Продуктивность, г/куст			Товарность, %	Структура товарного урожая		Содержание крахмала, %
	средняя	min	max		количество клубней, шт.	средний вес клубня, г	
Хибинский ранний	960±241,9	380,0	1279,0	89,0	6,7±2,0	126±32,2	11,8±1,5

Продолжение таблицы 1

Архидея	775±53,1	712,0	825	92,0	6,4±0,8	113±14,8	15,3±1,2
Дельфин	847,0±157,4	719,0	1075,0	89,0	8,7±1,1	87,0±9,9	10,7±0,7
Дина	1129,0±186,9	906,0	1350,0	93,0	10,0±2,4	109,0±27,7	11,9±1,3
Каприз	528,0±196,1	313,0	781,0	91,0	4,9±0,6	102,0±42,1	8,6±0,9
Лазурит	908,0±176,4	588,0	1094,0	91,0	7,0±1,1	123,0±36,6	11,9±1,8
Лань	1082±262,2	475,0	2550,0	85,0	6,9±3,5	119,0±28,8	11,4±1,8
Лиля	978,0±114,3	867,0	1138,0	73,0	5,9±2,0	107,0±12,5	12,1±2,3
Нептун	919,0±383,7	438,0	1340,0	84,0	4,3±0,3	154,0±48,3	10,1±2,0
Одиссей	925,0±227,3	563,0	1250,0	92,0	7,7±1,6	118,0±46,1	11,2±1,7
Явар	1189,0±440,3	600,0	1637,0	96,0	8,4±1,8	128,0±26,6	9,3±2,4

В группе среднеспелых сортов на изучении находилось 6 образцов. Средняя продуктивность по коллекции внутри данной группы спелости составила 846,9 г/куста. Для сорта Имандра 860 г/куст. Варьирование величины средней продуктивности по годам составило от 496,0 до 1092,5 г/куста. Самым неблагоприятным годом по погодным условиям стал 2007, благоприятным - 2004, 2006 гг. Максимальная продуктивность по коллекции была в 2004 г., минимальная в 2007 (рисунок 3).

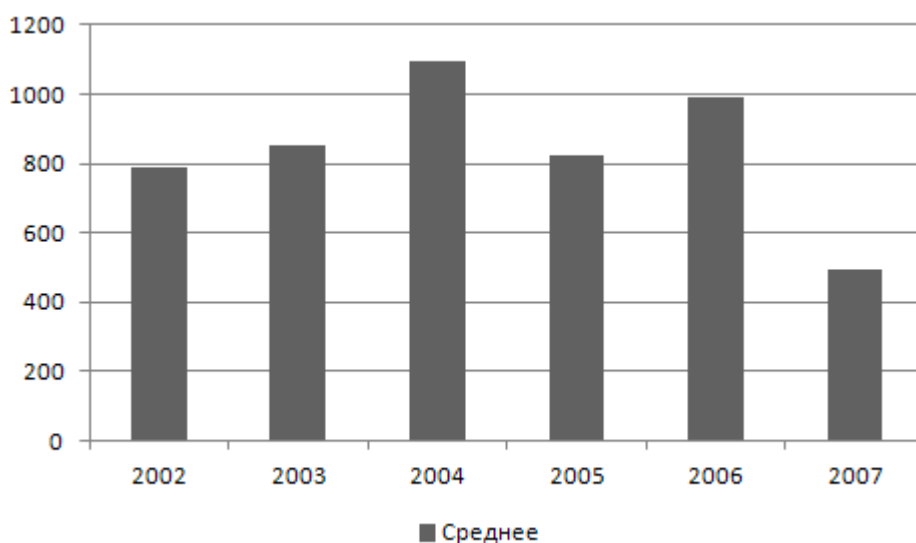


Рисунок 3 – Средняя продуктивность группы среднеспелых сортов (2002-2007 гг.)

Среди сортов среднеспелой группы стабильной высокой продуктивностью выделились: Скарб, Гранат и Янка. Их урожай составил 111%, 109%, 101% по отношению к сорту стандарту Имандра и 113%, 111%, 103% по отношению к среднему урожаю по коллекции соответственно. При сравнении с раннеспелым сортом Хибинский ранний, эти образцы набрали средний урожай. Товарность клубней этих сортов составила 92% (Скарб); 90% (Гранат); 72% (Янка). Для сортов Живица, Ласунак, Талисман были получены результаты на среднем уровне. Их продуктивность составила от 81 до 96% по отношению к сорту стандарту

Имандра; от 73 до 86 % по отношению к Хибинскому раннему, 82-97% по отношению к среднему проценту по коллекции. Клубни всех сортов среднеспелой группы характеризовались как крупные. Их число в гнезде варьировало в зависимости от сорта от 5,7 (Янка) до 9,1 (Гранат) (таблица 2).

Таблица 2 – Результаты комплексной оценки белорусских сортов картофеля среднеспелой группы в условиях Мурманской области

Сорт	Продуктивность, г/куст			Товар - ность, %	Структура товарного урожая		Содержа ние крах- мала, %
	средняя	min	max		количес тво клубней, шт.	средний вес клубня, г	
Хибинс кий ранний	960±241,9	380,0	1279,0	89,0	6,7±2,0	126±32,2	11,8±1,5
Имандра	860,0±253,0	465,0	1285,0	91,0	7,4±2,3	88,0±20,2	13,8±1,1
Живица	697,0±96,8	619,0	825,0	91,0	6,4±2,7	110±74,0	12,3±1,5
Ласунак	823,0±253,1	463,0	1262,0	89,0	7,2±1,2	101,0±25, 1	13,7±1,6
Скарб	958,0±313,2	562,0	1637,0	91,0	8,4±1,4	100,0±24, 4	10,8±2,1
Гранат	941,0±101,6	831,0	1031,0	90,0	6,8±4,6	94,0±19,1	10,9±0,1
Талисма н	790,0±269,9	400,0	1088,0	71,0	6,2±1,3	88,0±41,6	12,4±2,4
Янка	872,0±199,4	731,0	1013,0	72,0	5,7±0,3	108,0±24, 0	12,4±4,3
Росинка	636,0±92,5	537,0	756,0	91,0	6,2±0,9	103,0±12, 6	13,4±1,0

В группе среднепоздних и поздних сортов в условиях Мурманской области изучались 19 образцов. Средняя продуктивность по коллекции составила 754,8 г/куст. Минимальную массу товарных клубней в среднем по годам коллекция позднеспелых сортов набрала в 2003 году (591,8 г/куст), максимальную в 2006 (1035,9 г/куст). При испытании коллекции сортов из этой группы по многолетним данным были выделены образцы с повышенными показателями продуктивности и товарности: Здабытак, Одиссей, Журавинка, Акцент. Эти сорта имели в среднем от 948 до 1082 г/куст, с товарностью 82-93%. По отношению к стандарту Хибинскому раннему накопленный ими урожай в случаях с сортами Одиссей и Акцент характеризовался как средний; у образцов Здабытак и Журавинка - как высокий. По сравнению со средним показателем продуктивности по коллекции высокий урожай был накоплен 10 образцами: Атлант (111%), Одиссей (126%), Орбита (106%), Здабытак (130%), Подарунок (118%),

Журавинка (136%), Акцент (127%), Маг (113%). Товарность вышеперечисленных сортов составляла от 74 % (Маг) до 93% (Одиссей, Здабытак, Подарунок). Средние клубни по массе (41-90 г.) имели сорта Сузорье, Синтез, Бригантина, Блакит, Журавинка. Очень крупные клубни (140 г.) были выявлены у сорта Милавица. Остальные сорта (Альпинист, Атлант, Выток, Верас, Одиссей, Орбита, Росинка, Здабытак, Подарунок, Блакит, Купалинка, Гарант, Акцент, Маг) содержали в своей фракции крупные по массе клубни (91-130 г.). Среднее число клубней в гнезде так же варьировало по сортам. Крупноклубневые сорта имели их в минимальном количестве (3,8 – 5,7 шт.), тогда как максимальное число клубней в гнезде (9,1-11,0 шт.) содержали сорта со средними по массе клубнями (таблица 3)

Таблица 3 – Результаты комплексной оценки белорусских сортов картофеля позднеспелой группы в условиях Мурманской области

Сорт	Продуктивность, г/куст			Товарность, %	Структура товарного урожая		Содержание крахмала, %
	средняя	min	max		количество клубней, шт.	средний вес клубня, г	
Хибинский ранний	960±241,9	380,0	1279,0	89,0	6,7±2,0	126±32,2	11,8±1,5
Альпинист	514,0±100,9	387,0	612,0	92,0	5,3±1,0	91,0±17,3	15,0±1,5
Атлант	834,0±223,7	612,0	1275,0	90,0	8,5±2,6	91,0±19,2	13,1±0,7
Бригантина	621,0±160,2	362,0	837,0	85,0	6,9±1,8	82,0±13,0	13,7±1,4
Выток	615,0±129,2	463,0	850,0	75,0	4,3±1,6	110±17,5	16,1±3,1
Верас	570,0±154,0	356,0	700,0	87,0	5,0±1,2	100,0±18,0	11,4±2,7
Милавица	599,0±18,0	581,0	617,0	97,0	3,8±0,3	140,0±10,2	13,8±2,1
Орбита	797,0±69,3	700,0	850,0	89,0	7,3±0,7	102,0±10,8	13,1±1,4
Сузорье	714,0±145,2	550,0	894,0	91,0	7,5±1,2	86,0±6,5	14,0±2,3
Здабытак	979,0±244,4	687,0	1337,0	92,0	6,1±1,6	135,0±26,7	17,3±1,3
Подарунок	890,0±260,4	500,0	1212,0	93,0	8,2±1,8	107,0±44,4	12,6±1,9
Журавинка	1029,0±291,2	525,0	1259,0	81,0	11,0±2,5	77,0±21,9	11,2±0,9
Блакит	656,0±89,2	563,0	750,0	69,0	4,9±1,1	91,0±27,1	14,0±1,7
Купалинка	526,0±141,6	313,0	600,0	76,0	3,3±0,9	123,0±42,4	9,6±1,1
Гарант	688,0±151,6	488,0	850,0	84,0	5,2±0,9	113,0±22,6	9,8±2,1
Акцент	957,0±344,4	713,0	1200,0	80,0	5,7±1,1	135,0±43,1	13,0±3,5
Маг	857,0±167,6	738,0	975,0	74,0	4,9±0,4	130,0±34,6	15,5±3,6

Содержание крахмала в клубнях является ценным экономическим и хозяйственно-бытовым качеством. В современных сортах картофеля его содержание может варьировать от 9 до 25%.

Химический состав клубней картофеля в значительной степени зависит от метеорологических условий региона. В северных широтах в связи с рядом признаков – коротким периодом вегетации, относительно низкими среднесуточными температурами – накопление крахмала происходит медленно и «небольшими порциями». По нашим данным растения картофеля в условиях Севера приступают к накоплению крахмала в первой и второй декадах августа, т.е. примерно на 60-70 дни от посадки.

Среднее содержание крахмала (15,3%) было выявлено у сорта Архидея. Очень низкое содержание крахмала в химическом составе клубней имели образцы Каприз и Явар (8,6%; 9,3% соответственно). Остальные сорта в этой группе спелости имели низкое значение крахмала (10,1-14,0%). Содержание крахмала в сорте стандарте Хибинский ранний составило в среднем 11,8%; для сорта Имандра – 13,8% (таблица 1,2).

Среднее содержание крахмала (14,1-18%) отмечено у сортов: Маг (15,5%), Синтез (15,4%), Выток (16,1%), Альпинист (15,0%), Здабытак (17,3%). Очень низкое содержание крахмала имели клубни образцов: Купалинка (9,6%) и Гарант (9,8%). Крахмалистость остальных сортов этой группы характеризовалось как низкое (10,1-14,0%) (таблица 3).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам оценки коллекции в условиях Мурманской области выделены наиболее пластичные и адаптивные сорта с комплексом хозяйственно-ценных признаков, сочетающие раннеспелость, продуктивность, крупноклубневость: Нептун, Явар, Гранат, Скарб; раннеспелость, продуктивность, крупноклубневость, крахмалистость: Здабытак; крупноклубневость, крахмалистость: Выток, Альпинист; продуктивность и крахмалистость: Синтез, Маг; продуктивность и крупноклубневость: Янка. Их можно рекомендовать для непосредственного внедрения в производство.

Литература

1. Система земледелия сельского хозяйства Мурманской области / С.А. Аникина [и др.]; под ред. И.А. Чемисова. – Мурманск: Мурманская областная типография, 1983. – часть 1. - 232с.
2. Костюк В.И. Картофель на Кольском Севере / В.И. Костюк.- Апатиты: КНЦ РАН, 2008. – 64с.
3. Лукина, Н.В. Питательный режим лесов северной тайги: природные и техногенные аспекты /Н.В. Лукина, В.В. Никонов. – Апатиты: КНЦ РАН, 1998. – 316с.

4. Краткая энциклопедия северного картофеля / В.И. Костюк [и др.]; - Апатиты: КНЦ РАН, 2011. – 109с.
5. Методические указания по поддержанию и изучению мировой коллекции картофеля /С.М. Букасов [и др.]; под ред. С.М. Букасова. – Ленинград, 1976. – 27с.
6. Методические указания по поддержанию и изучению мировой коллекции картофеля / С.Д. Киру [и др.]; под ред. С.Д. Киру. – Санкт-Петербург, 2010. – 27с.

EVALUATION OF BELARUS POTATO VARIETIES FROM VIR COLLECTION UNDER MURMANSK REGION CONDITIONS.

TRAVINA S. N., ABAKSHINA S. V., ZHIGADLO T. E.

SUMMARY

Study results of 38 Belarus potato varieties from VIR collection in the Murmansk region are presented, of which on the basis of agronomic traits identified the most productive and plastic varieties.

Keywords: climate, potato, a collection of VIR, productivity, yield, varieties.

Поступила в редакцию 25.04.2013 г.

РАЗДЕЛ 4. ИММУНИТЕТ И ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ

УДК 632.937

БИОПРЕПАРАТ БАКТОСОЛ В ЗАЩИТЕ КАРТОФЕЛЯ ОТ БОЛЕЗНЕЙ ВО ВРЕМЯ ВЕГЕТАЦИИ

Бусько¹ И.И., Коломиец² Э.И., Ананьева² И.Н., Молчан² О.В.

¹РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству»

²Институт микробиологии НАН Беларуси

E-mail: secretary@brip.basnet.by

РЕЗЮМЕ

В статье представлены результаты по оценке эффективности биологического препарата Бактосол, предназначенного для защиты картофеля от болезней. Показано, что предпосевная обработка клубней препаратом Бактосол позволяет снизить развитие ризоктониоза на ростках картофеля на 75,6%, на клубнях – на 79,5%; применение биопрепарата Бактосол по вегетирующим растениям способствует снижению развития фитофтороза на 55,5%, альтернариоза – на 76,5%.

Ключевые слова: картофель, фитопатогены, антагонисты, Bacillus, биологическая эффективность

ВВЕДЕНИЕ

Регулярное развитие болезней приводит к ежегодным крупным потерям урожая культурных растений. При этом требования к безопасности мероприятий по защите сельскохозяйственных культур от вредных организмов постоянно возрастают. В настоящее время можно выделить два основных подхода для экологически безопасного контроля фитопатогенов: создание сортов, устойчивых к болезням и разработка биологических препаратов как альтернативы химическим пестицидам. Выращивание устойчивых сортов является экологически оправданным способом защиты культурных растений, однако при этом создаются благоприятные условия для сохранения и накопления в почве возбудителей болезней. В свою очередь в результате половой гибридизации фитопатогенов и других процессов появляются вирулентные биотипы и расы, способные преодолевать эту устойчивость растений. Следовательно, второе направление представляется более перспективным. Использование в системах защиты растений препаратов на основе микроорганизмов, обладающих комплексом полезных свойств, позволяет с одной стороны эффективно бороться с болезнями сельскохозяйственных

культур, с другой – до минимума снизить негативное воздействие агрохимикатов на окружающую среду.

Применение биопрепаратов, не загрязняющих агроландшафты и водные ресурсы, особенно актуально для защиты картофеля, так как он чаще всего возделывается вблизи густонаселенных промышленных центров и водоохраных зон.

Микроорганизмы, в той или иной мере проявляющие антагонизм по отношению к фитопатогенам, широко распространены в природе. Антагонизм может проявляться в различных формах: продуцировании антибиотиков и других веществ, угнетающих жизнедеятельность фитопатогенов, конкуренции за питательный субстрат, паразитизме и гиперпаразитизме [1,3,9]. Большинство антагонистов обладает не одним, а несколькими типами антагонистической активности [2]. Преимуществом метаболитов живых существ перед пестицидами и химическими удобрениями является их комплексное позитивное действие на развитие растений и высокая биологическая эффективность в отношении фитопатогенной микрофлоры, что позволяет вносить биопрепараты на протяжении всего периода вегетации. Являясь природными веществами, они не накапливаются в окружающей среде и легко утилизируются в ней.

Возможность применения в сельском хозяйстве биологических средств защиты растений изучается на протяжении десятков лет. На сегодняшний день в мире накоплен определенный опыт по использованию экологически безопасных микроорганизмов-антагонистов фитопатогенов для защиты растений от болезней [4,6,7,8,9 и т.д.]. К числу наиболее перспективных агентов биологического контроля заболеваний сельскохозяйственных растений относятся бактерии р. *Bacillus*, способные сохранять жизнеспособность в течение длительного времени.

На сегодняшний день отечественных биологических препаратов, занесенных в Государственный реестр средств защиты растений (пестицидов) и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь, против возбудителей болезней картофеля во время вегетации, нет [5]. Нами осуществляется разработка отечественного биопрепарата Бактосол, способного восполнить дефицит экологически безопасных средств защиты картофеля от болезней.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Полевые испытания биологической эффективности препарата Бактосол против болезней картофеля проводились на опытном поле РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству», руководствуясь «Методическим указаниям по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве», 2007. Вид опыта – мелкоделяночный. Площадь опытной делянки – 25,2 м², повторность – четырехкратная.

С целью изучения фитозащитного действия биопрепарата Бактосол в отношении возбудителей ризоктониоза была проведена обработка клубней картофеля перед посадкой. В качестве эталона использовался химический препарат Престиж.

Для защиты картофеля от фитофтороза и альтернариоза проведено 5 обработок вегетирующих растений после смыкания ботвы в рядах с интервалом 10–12 дней, эталон – химический препарат Акробат.

Схема опыта

Обработка клубней биопрепаратом Бактосол перед посадкой:

1. Контроль (без обработок)
2. Престиж (хим. препарат) – эталон – 0,75 л/т
3. Бактосол – 5% конц. (0,5 л/т)
4. Бактосол – 10% конц. (1,0 л/т)
5. Бактосол – 15% конц. (1,5 л/т)

Норма расхода рабочей жидкости – 10 л/т.

Применение биопрепарата Бактосол во время вегетации:

1. Контроль (без обработок)
2. Акробат (хим. препарат) – эталон – 2 кг/га
3. Бактосол – 1% конц. (3 л/га)
4. Бактосол – 2% конц. (6 л/га)

Норма расхода рабочей жидкости – 300 л/га.

Согласно методике полевых исследований сделаны следующие учеты: во время вегетации растений – всхожесть клубней и поражение ростков ризоктониозом, число стеблей в кусте и высота растений; во время уборки – поражение клубней гнилями и продуктивность растений, заселенность клубней нового урожая склероциями возбудителя ризоктониоза.

Клубни, пораженные различными видами гнилей (грибными и бактериальными) считали абсолютными отходами и не учитывали при определении урожайности.

Для оценки степени заселенности клубней нового урожая склероциями возбудителя ризоктониоза использовали следующую шкалу:

Заселенность, балл	Описание поражений
1	Склероции на поверхности клубня отсутствуют
3	Слабое поражение, заселено склероциями до 25% поверхности клубня
5	Среднее поражение, заселено склероциями от 26 до 50% поверхности клубня
7	Сильное поражение, заселено склероциями от 51 до 75% поверхности клубня
9	Очень сильное поражение, заселено склероциями от 76 до 100% поверхности клубня

Биологическую эффективность биопрепарата Бактосол рассчитывали по формуле:

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

где В – биологическая эффективность, %;

Р и Р₁ – развитие болезни в контроле и опыте, соответственно, %.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Обработка клубней картофеля биопрепаратом Бактосол перед посадкой позволила существенно снизить поражение картофеля ризоктониозом. Основной вред возбудитель ризоктониоза причиняет в период развития всходов картофеля, приводя к загниванию глазков и ростков растений, которые в ряде случаев погибают еще до выхода на поверхность почвы. Максимальная биологическая эффективность биопрепарата против ризоктониоза на ростках картофеля отмечена при применении его в 10 и 15% конц. и составила 75,6 и 77,1%, соответственно (таблица 1). Снижение развития ризоктониоза на ростках способствовало увеличению числа стеблей на 1 куст картофеля. По этому показателю лучшим был вариант с применением биопрепарата Бактосол в 10% конц. (5,5 стеблей/куст), тогда как в контроле – 4,4 стеблей/куст. В других вариантах опыта также отмечено увеличение числа стеблей по сравнению с контролем, однако различия между ними находились в пределах ошибки опыта. По результатам учетов отмечена высокая биологическая эффективность биопрепарата Бактосол и против ризоктониоза на клубнях: в 10 и 15% конц. она была практически одинаковой и составила 79,5 и 78,2%, соответственно, что всего на 6,2–5,2% ниже, чем у химического препарата Престиж.

Таблица 1 – Влияние предпосадочной обработки клубней биопрепаратом Бактосол на рост, развитие растений и поражаемость картофеля ризоктониозом, сорт Вектар, 2011–2012 гг.

Вариант	Высота растений, см	Число стеблей, шт/куст	Биологическая эффективность против ризоктониоза, %		Урожайность, ц/га	Прибавка урожая, ц/га
			на ростках	на клубнях		
Контроль	43,7	4,4	-	-	476,1	-
Престиж (хим. эталон)	50,0	5,2	88,5	84,7	513,9	+37,8

Продолжение таблицы 1

Бактосол в 5% конц.	47, 7	4,9	71,3	74,4	485,2	+9,1
Бактосол в 10% конц.	49, 0	5,5	75,6	79,5	491,5	+15,4
Бактосол в 15% конц.	48, 6	5,0	77,1	78,2	486,5	+10,4
НСР	10,4					

Применение биопрепарата положительно отразилось и на урожайности картофеля. Самая высокая урожайность была получена в варианте с биопрепаратом Бактосол в 10% конц. (491,5 ц/га, что на 15,4 ц/га выше, чем в контроле). На наш взгляд, это связано с большим числом стеблей на 1 куст, что позволило растениям сформировать большую вегетативную массу и, как следствие, больший урожай клубней.

Исходя из полученных данных по определению биологической эффективности использование Бактосола в концентрациях 10 и 15% не имеет существенных отличий, поэтому, руководствуясь экономическими соображениями, целесообразно для предпосевной обработки клубней картофеля от ризоктониоза и парши рекомендовать применение данного препарата в 10% конц.

Во время вегетации растений картофеля первая профилактическая обработка растений картофеля против фитофтороза и альтернариоза была проведена до выявления первых признаков заболеваний на опытном участке – в третьей декаде июня. Всего проведено 5 обработок с интервалом 10–12 дней вне зависимости от развития болезней на листьях картофеля. Появление первых признаков фитофтороза на опытных делянках отмечено примерно через 2 недели после первой обработки. Появлению данного заболевания предшествовала умеренно теплая погода с периодическим выпадением осадков. В дальнейшем шло постепенное увеличение количества растений с признаками фитофтороза и уже к концу августа в контроле отмечено 70,0% поражения листьев, а в вариантах с применением Бактосола развитие болезни сдерживалось бактериями-антагонистами, составляющими основу биопрепарата и было на уровне 20,1–38,3%. Биологическая эффективность при применении биопрепарата Бактосол против фитофтороза и альтернариоза в 1% конц. составила 47,8 и 70,5%, в 2% конц. – 55,5 и 76,5%, соответственно, при применении фунгицида Акробат МЦ, ВДГ (эталон) – 71,2 и 82,4% (таблица 2).

Таблица 2 – Эффективность биопрепарата Бактосол против альтернариоза и фитофтороза картофеля, сорт Вектор, 2011–2012 гг.

Вариант	Биологическая эффективность, %		Урожай- ность, ц/га	Прибавка урожае, ц/га
	против фитофтороза	против альтернариоза		
Контроль	-	-	368,6	
Акробат (хим. эталон)	71,2	82,4	387,7	+19,1
Бактосол в 1% конц.	47,8	70,5	370,6	+2,0
Бактосол в 2% конц.	55,5	76,5	378,8	+10,2
НСР _{0,5}			7,8	

Урожайность картофеля в варианте с применением биопрепарата Бактосол в 2% конц. – составила 378,8 ц/га, что на 10,2 ц/га выше по сравнению с контролем, и на 8,2 ц/га выше, чем при применении биопрепарата Бактосол в 1% конц. Таким образом, показано, что применение биопрепарата Бактосол в 2% конц. по вегетирующим растениям позволяет не только существенно снизить развитие возбудителей болезней, но и способствует повышению урожайности картофеля.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное комплексное исследование эффективности биопрепарата Бактосол показало, что для защиты картофеля от болезней целесообразно проводить обработку не только вегетирующих растений картофеля, но и клубней перед посадкой. Предпосевная обработка клубней препаратом Бактосол в 10% конц. позволяет снизить развитие ризоктониоза на ростках картофеля на 75,6%, на клубнях – на 79,5. Применение биопрепарата Бактосол по вегетирующим растениям в 2% конц. способствует снижению развития фитофтороза на 55,5%, альтернариоза – на 76,5%. Полученные данные свидетельствуют о высокой эффективности биопрепарата Бактосол и его перспективности для дальнейшего исследования в качестве экологически безопасного средства защиты картофеля от болезней с целью внедрения в интегрированную систему защиты растений. В целом, следует отметить, что при внедрении любых препаратов для защиты от вредных организмов сельскохозяйственной продукции, в том числе и картофеля, экологическая безопасность продуктов питания относится к главному критерию. Именно поэтому биологические препараты следует рассматривать как важную,

неотъемлемую компоненту интегрированной системы контроля фитопатогенов картофеля.

Литература

1. Benizri, E. Root colonization by inoculated plant growth-promoting rhizobacteria / E.Benizri, E.Baudon, A.Guckert // Biocontrol science and technology. –2001. – № 11. –Р. 557-574. – Режим доступа: <http://www.tandf.co.uk>, электрон. библиотека.
2. Cook, R.J. Making greater use of introduced microorganisms for biological control of plant pathogens / R.J.Cook / Annual Review of Phytopathology. –1993. – Т31. –С. 53–80;
3. Kerr, J.R. Bacterial inhibition of fungal growth and pathogenicity /J.R.Kerr // Microbial ecology in health and disease, 1999. – № 11. – Р. 129-142. – Режим доступа: <http://www.blackwellpublishing.com>. электрон.библиотека;
4. Schisler, D.A. The nature and application of biocontrol microbes: *Bacillus spp.* – formulation of *Bacillus spp.* for biologicalcontrol of plant diseases / D.A. Schisler, P.J. Slininger, R.W. Behle // Phytopatol.– 2004. – Vol. 94. – Р.1267-1271;
5. Государственный реестр средств защиты растений (пестицидов) и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь / Л.В. Плешко [и др.]. – М.: Бизнесофсет, 2012. – 544 с.;
6. Коломиец, Э.И. Биологическая альтернатива удобрениям и средствам защиты растений / Э.И. Коломиец, Л.И.Стефанович, Н.А. Здор // Белорусское сельское хозяйство. – 2011.– №10 – С.33-35;
7. Основы учения об антибиотиках: Учебник. 6-е изд., перераб. и доп. / Н.С. Егоров. – М.: Изд-во МГУ; Наука, 2004. – 528 с.;
8. Тихонович, И.А. Биопрепараты в сельском хозяйстве (Методология и практика применения микроорганизмов в растениеводстве и кормопроизводстве) / И.А. Тихонович и др. — М.: Россельхозакадемия, 2005.— 154 с.;
9. Штерншис, М.В. Биопрепараты в защите растений / М.В.Штерншис и др.// Новосибирск, 2000. – 128 с.

BACTOSOLBIOPREPARATION EFFICIENCY IN CONTROL OF POTATO DISEASES DURING VEGETATION PERIOD

BUSKO I.I., KOLOMIETS E.I., ANANYEVA I.N., MOLCHAN O.V.

SUMMARY

The paper presents results describing efficiency of biological preparation Bactosol designed to control potato pathogens. It was shown that pre-planting treatment of potato tubers with Bactosol inhibits spread of rhizoctonial rot in potato shoots by 75,6%, on tubers – by 79,5%. Bactosol application on vegetating plants suppresses distribution of early and late blight by 76,5% and 55,5%, respectively.

Key words: potato, phytopathogens, antagonists, *Bacillus*, biological efficiency.

Поступила в редакцию 31.05.2013 г.

УДК 635.21:632.952:634.484(476)

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРЕПАРАТА ЦЕЛЕСТ-ТОП, КС В ЗАЩИТЕ КАРТОФЕЛЯ ОТ РИЗОКТОНИОЗА**Бусько И.И., Михаленя О.Н., Манцевич Л.А., Горенко Т.В.**

РУП «НПЦ НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству»

РЕЗЮМЕ

Представлены результаты изучения биологической и хозяйственной эффективности фунгицидного протравителя Целест-Топ, КС, применяемого для предпосадочной обработки клубней с различными нормами расхода в сравнении с эталоном Престиж, КС против ризоктониоза.

Ключевые слова: картофель, протравитель, патоген, инфекция, склероции, ризоктониоз.

ВВЕДЕНИЕ

Ризоктониоз (возбудитель гриб *Rhizoctonia solani* Kuhn.) является одним из наиболее распространенных и вредоносных заболеваний картофеля, снижающим качество семенного материала и урожайность клубней. В Беларуси ежегодно наблюдается развитие болезни на ростках 30–60%, столонах 25–70%, корнях – 10–25%. Потери урожая картофеля в настоящее время при благоприятных условиях для развития *R. Solani* достигают 49% [1]. Результаты клубневых анализов элитных партий картофеля в семеноводческих хозяйствах показывают, что ни одна из них по степени заселенности клубней склероциями возбудителя болезни не соответствует требованиям ГОСТ «Картофель семенной, сортовые и посевные качества».

Агротехнические методы обеспечивают довольно эффективную защиту картофеля от ризоктониоза в случае депрессивного или умеренного его проявления на клубнях. Однако, при эпифитотийном развитии заболевания эти приемы не могут в полной мере способствовать выращиванию здорового и высококачественного семенного материала картофеля. В настоящее время все же более эффективным остается химический метод, который позволяет уничтожить запасы инфекции на клубнях и в почве, а также повысить устойчивость растений к патогенам. Пестициды ингибируют рост и развитие *R. Solani* в период проникновения и внедрения его в ткани, а также обладают иммунизирующим действием на растения.

Ежегодная высокая инфицированность семенных клубней различными патогенами обуславливает необходимость обязательного предпосадочного протравливания клубней. Этот прием обеспечивает фитопатологическую основу для формирования урожая [2,3]. Одним из препаратов, заслуживающим внимания на картофеле является Целест Топ, КС. Его преимущество заключается в том, что под защитой этого препарата клубни длительное время избавлены не только от поражения фитопатогенными организмами, но и от повреждения почво-обитающими и наземными вредителями.

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 Вектор. Предшественник – редька масличная на сидеральное удобрение. Почва дерново-подзолистая, среднесуглинистая. Пахотный слой почвы характеризовался следующими показателями: рН в KCl – 5,78; содержание почвенного фосфора – 18,8–22,9 мг/100 г почвы, обменного калия – 29,9–33,2 мг/100 г почвы, гумуса – 2,6%.

Схема посадки 70х30 см, повторность опыта четырехкратная, делянка шестирядковая, по 30 клубней в рядке, площадь – 25,2 м². Агротехника и уход за посевами общепринятые.

Схема опыта:

- 1.Контроль,
 - 2.Престиж, КС – эталон – 0,75 л/т,
 - 3.Целест Топ, КС – 0,3 л/т,
 - 4.Целест Топ, КС – 0,4 л/т.
- Норма расхода рабочей жидкости – 10 л/т.

Учеты: при испытании в качестве протравителя – всхожесть клубней и поражение ростков ризоктониозом, число стеблей в кусте и высота растений; во время уборки – поражение клубней гнилями и продуктивность растений, заселенность клубней нового урожая склероциями возбудителя ризоктониоза.

Клубни, пораженные различными видами гнилей (грибными и бактериальными), считали абсолютными отходами и не учитывали при определении урожайности.

Для оценки степени заселенности клубней нового урожая склероциями возбудителя ризоктониоза использовали следующую шкалу (таблица 1) [4,5]:

Таблица 1 – Шкала оценки клубней картофеля на устойчивость к ризоктониозу

Степень заселения клубней склероциями <i>R. solani</i> , балл	Описание поражений
1	Склероции на поверхности клубня отсутствуют
3	Слабое поражение, заселено склероциями до 25% поверхности клубня
5	Среднее поражение, заселено склероциями от 26 до 50% поверхности клубня
7	Сильное поражение, заселено склероциями от 51 до 75% поверхности клубня
9	Очень сильное поражение, заселено склероциями от 76 до 100% поверхности клубня

Биологическую эффективность фунгицидов рассчитывали по формуле (1):

$$B = \frac{P - P_1}{P} \times 100, \quad (1)$$

где B – биологическая эффективность, %;

P и P₁ – развитие болезни в контроле и опыте, соответственно, %.

Хозяйственную эффективность (прибавку урожая) защитных мероприятий определяли по формуле (2):

$$X = \frac{A - B}{B} \times 100, \quad (2)$$

где, X – хозяйственная эффективность, %;

A – урожай в опыте, т/га;

B – урожай в контроле, т/га.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Весеннее протравливание изучаемыми препаратами не оказало существенного влияния на всхожесть клубней и высоту растений. Полные всходы были получены во всех вариантах.

Применение всех изучаемых препаратов позволило существенно снизить поражение ростков ризоктониозом, а наибольший эффект получен от применения препарата Целест Топ, КС (0,4 л/т), биологическая эффективность которого против данного заболевания на ростках была наибольшей и составила 75,9%. Эффективность препарата Целест Топ, КС с нормой расхода 0,3 л/т была несколько ниже и составила 75,3% (таблица 2).

Таблица 2 – Влияние предпосадочного протравливания клубней препаратом Целест Топ на рост, развитие растений и поражаемость картофеля ризоктониозом, сорт Вектар, 2011 – 2012 гг. среднее

Вариант	Всхожесть, %	Высота растений, см	Число стеблей, шт/куст	Развитие ризоктониоза		Биологическая эффективность против ризоктониоза, %		Урожайность, т/га	Сохраненный урожай	
				на ростках, %	на клубнях, %	на ростках	на клубнях		т/га	%
Контроль	100	53,8	5,0	33,2	29,0	-	-	64,8	-	-
Престиж, КС (эталон)	100	53,7	5,5	8,5	5,5	74,3	81,0	68,1	3,3	5,1
ЦелестТоп, КС 0,3 л/т	100	58,0	5,9	8,2	4,3	75,3	78,5	68,3	3,5	5,4
ЦелестТоп, КС 0,4 л/т	100	55,9	5,6	8,0	4,5	75,9	84,5	71,5	6,7	10,3
НСР _{0,5}								1,3		

По числу стеблей в расчете на 1 куст лучшим был вариант с применением препарата Целест Топ, КС (0,3 л/т), в котором этот показатель составил 5,9 стеблей/куст и превысил контрольно (0,9 стеблей/куст). Увеличение числа стеблей, на наш взгляд, связано с меньшим развитием ризоктониоза на ростках и меньшей гибелью последних. В других вариантах опыта также отмечено увеличение числа стеблей по сравнению с контролем, однако различия между ними находились в пределах ошибки опыта.

Степень покрытия клубней нового урожая склероциями возбудителя ризоктониоза была самой незначительной в варианте с препаратом Целест Топ, КС (0,3 л/т) – 4,3%, в то время как в контроле этот показатель составлял 29,0%. Степень развития болезни в варианте с препаратом Целест Топ, КС с нормой расхода 0,4 л/т составила 4,5%, а биологическая эффективность данного варианта против ризоктониоза на клубнях составила 75,9% (таблица 2).

Самая высокая урожайность (71,5 т/га) получена в варианте с применением препарата Целест Топ, КС, с нормой расхода 0,4 л/т, что на

6,7 т/га выше, чем в контроле, и на 3,4 т/га выше, чем в варианте с эталоном – Престиж, КС. На наш взгляд, это связано с большим числом стеблей на 1 куст, что позволило растениям сформировать большую вегетативную массу и, как следствие, больший урожай клубней.

Таким образом, препарат Целест Топ, КС с нормой расхода 0,4 л/т, показал высокую биологическую и хозяйственную эффективность против ризоктониоза при весеннем предпосадочном протравливании клубней, что позволяет рекомендовать его для использования в защите картофеля от данного заболевания в качестве протравителя.

Литература

1. Иванюк, В.Г., Бусько, И.И., Журомский, Г.К. и др. Фитопатологическая ситуация на картофеле в Беларуси и пути ее улучшения // Картофелеводство / Науч. тр. Белорус. ННН картофелеводства. – Минск, 2000. – Вып. 10. – с. 163-171.

2. Жукова, М.И. Актуальные проблемы фитосанитарного состояния агроценозов картофеля // Научн. тр. Беларус. ННН защиты растений. – Минск, 2001. – Вып. XXV. с. 153-156.

3. Жукова, М.И., Серeda, Г.М., Берлинчик, Е.Е., и др. Особенности формирования фитосанитарной ситуации в агроценозах картофеля и современные подходы к ее регулированию: Междунар. Науч.-практ. конф, посвященная 40-летию факультета защиты растений/ ГГАУ. – Гродно, 2002. – с.25–28.

4. Дорожкин, Н.А. и др. Методы оценки картофеля, овощных и плодовых культур на устойчивость к болезням.- Минск, 1987 г.

5. Ильяшенко, Д.А., Иванюк В.Г., Калач В.И. и др. Методические указания по оценке картофеля на устойчивость к клубневым гнилям. – Самохваловичи, 2010. 52 – с.

**THE EFFICIENCY OF CELESTE-TOP, ES IN THE PROTECTION OF
POTATO FROM RHIZOCTONIA**

BUSKO I.I., MIKHALENYA O.N., MANSEVICH L.A., GORENKO T.V.

SUMMARY

The results of the study of the biological effectiveness of fungicide seed dressing Celeste Top, EC used for pre-plant tubers. On the basis of the investigations have studied biological and economic efficiency of the drug with different application rates.

Key words: potato, seed treatment, pathogen infection, sclerotia, rhizoctonia.

Поступила в редакцию 31.05.2013 г.

УДК 577.152.34.042

ПРОТЕОЛИТИЧЕСКИЕ ФЕРМЕНТЫ, СЕКРЕТИРУЕМЫЕ ДВУМЯ ИЗОЛЯТАМИ ГРИБА *ALTERNARIA SOLANI* SORAUER**Валуева¹ Т.А., Кудрявцева¹ Н.Н., Гвоздева¹ Е.Л., Софьин¹ А.В.,
Побединская² М.А., Еланский² С.Н.**¹Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт биохимии им. А.Н. Баха Российской Академии Наук, Россия

E-mail: valueva@inbi.ras.ru

²Кафедра микологии, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Россия**РЕЗЮМЕ**

*Изучена секреция сериновых протеиназ двумя генетически родственными изолятами гриба *Alternaria solani* Sorauer, которые были собраны с листьев картофеля и томатов, выращенных в центральной России. Было установлено, что оба изолята секретировали трипсино- и субтилизиноподобные протеиназы, и соотношение этих ферментов зависело от состава питательной среды, а также от особенностей, как фитопатогенного гриба, так и растения-хозяина. Так, изолят, собранный с листьев помидор, характеризовался слабым ростом при выращивании на среде, содержащей водорастворимые термостабильные белки из клубней картофеля и семян гороха, при этом наблюдался низкий уровень или отсутствие секреции сериновых протеиназ. В то же время изолят, собранный с листьев картофеля, эффективно рос на этих средах и продуцировал сериновые протеиназы, среди которых преобладали трипсиноподобные ферменты. Это свидетельствовало о том, что при выращивании на среде, содержащей белки из клубней картофеля и семян гороха, изолят с листьев помидор утрачивал патогенные свойства и вел себя как сапрофит, а изолят с листьев картофеля сохранял свои свойства патогена при росте на любой изученной среде.*

Ключевые слова: гриб, трипсиноподобные, субтилизиноподобные, протеиназа

ВВЕДЕНИЕ

Грибы рода *Alternaria* являются возбудителями альтернариоза у растений семейства пасленовых (*Solanaceae*). Этот род включает гетерогенную группу сапрофитных и патогенных грибов, среди которых отмечают крупноспоровый вид *Alternaria solani* Sorauer и несколько мелкоспоровых видов: *A. alternata* (Fr. Keissl.), *A. tenuissima* (Kunze) Wiltshire, *A. infectoria* (E.G. Simmons), *A. arborescens*. Перечисленные

таксоны представляют собой гетерогенную группу, включающую виды, которые отличаются по морфологическим, экологическим, физиологическим и биохимическим признакам. Эти виды могут иметь свои биологические особенности и различаться по таким важным показателям, как оптимум роста при разных температурах, выживаемость в зимних условиях, токсичность, агрессивность, вирулентность к различным сортам картофеля и томата, устойчивость к фунгицидам.

Высокий уровень генетического разнообразия изолятов *Alternaria* spp. может быть следствием, как случайных естественных мутаций, так и обильным спороношением за относительно короткий период времени, которое характерно для данного гриба. Однако отсутствуют убедительные доказательства, подтверждающие зависимость патогенной специфичности изолятов от растения-хозяина.

Известно, что область распространения крупноспорового вида *A. solani* Sorauer ограничена центром европейской части России, но он встречается на Северном Кавказе и юге Западной Сибири, а также и в регионах Байкала и Дальнего Востока России. Существует строгое доказательство того, что субпопуляции *A. solani*, вызывающие гниль картофеля, являются генетически отличными от тех, которые вызывают гниль помидор [1]. Высокий уровень полиморфизма грибов рода *Alternaria* связан с изменчивостью физиологических, патогенных и генетических свойств их популяций. Поэтому при классификации этих грибов особое значение придается анализу тех функций, которые не зависят от морфологии. К ним относятся, например, структурные и биохимические характеристики генома гриба и его белков, в частности протеиназ.

Известно, что гидролитические ферменты, выделяемые грибами, играют ключевую роль в поддержании биотических отношений. Они могут управлять процессами патогенеза. Эти ферменты разрушают клеточные стенки растений-хозяев и тем самым обеспечивают проникновение патогена в ткани растений [2]. Кроме того, они участвуют в разрушении белка оболочки конидий в период прорастания и проникновения гиф через клеточную стенку, а также гидролизуют защитные белки и экзогенные питательные вещества, снабжая клетки мономерами. Синтез и секреция протеиназ у грибов является энергоемким процессом, который приводит к образованию ферментов, наиболее приспособленных к условиям среды, окружающей мицелий. Таким образом, различия в составе протеиназ, которые продуцируются мицелием, развивающимся в различных системах, косвенно отражает экологические условия и метаболические особенности грибов.

Многие патогенные грибы продуцируют протеолитические ферменты, активность которых определяет их способность использовать белки растения-хозяина [3]. Среди них доминируют сериновые протеиназы, хотя имеются и ферменты, принадлежащие к другим механистическим классам. Все известные сериновые протеиназы патогенных грибов можно разделить на трипсино- и субтилизиноподобные

ферменты. Было показано, что геном большинства грибных патогенов растений содержит гены, кодирующие трипсиноподобные протеиназы [4]. Вполне вероятно, что трипсиноподобные ферменты можно рассматривать как маркеры патогенности гриба. Изучение состава ферментов, продуцируемых грибом *Alternaria solani*, позволит с одной стороны уточнить их функции в процессе патогенеза, в котором они могут играть ключевую роль. А с другой – являться основой для более точной классификации грибов вида *Alternaria*, определяющей не только степень их патогенности, но зависимость от питательного субстрата.

Цель работы – изучить динамику секреции и состав сериновых экзопроотеиназ в процессе роста двух изолятов гриба *Alternaria solani* Sorauer.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Оба изолята, собранные с листьев картофеля (изолят 043-021) и помидор (изолят A7AKTL125) в центральной части России, относятся к крупноспоровым видам *Alternaria solani* Sorauer. Культуры поддерживали на овсяно-агаровой среде и хранили при 21°C. Суспензию мицелия в дистиллированной воде (10 мл) использовали для инокуляции 200 мл жидкой среды культивирования. Изоляты выращивали в трех средах. **Среда 1** содержала модифицированную среду Чапека, в которую вместо минерального азота был добавлен 1% казеина. **Средой 2** был картофельно-морковный бульон, который содержал водорастворимые термостабильные белки и углеводы из клубней картофеля и корнеплодов моркови. **Средой 3** был горохово-морковный бульон, содержащий водорастворимые термостабильные белки и углеводы из семян гороха и корнеплодов моркови.

Мицелий собирали на фильтровальную бумагу (ватман № 41) через 6, 12 и 17 дней роста микроорганизмов, промывали небольшим количеством теплой дистиллированной воды, нагревали в течение ночи в сушильном шкафу при 90°C, охлаждали в эксикаторе и взвешивали. После более длительного периода сушки не наблюдали дальнейшей потери в весе. Культуральная жидкость (**КЖ**) была использована для ферментативного анализа.

Протеолитическую активность определяли по методу [5], используя в качестве субстрата 0,5%-ный азоказеин в 0,1 М Трис-HCl буфере, pH 7,5. За одну единицу протеолитической активности (**Е**) принимали количество фермента, которое увеличивало оптическую плотность супернатанта реакционной смеси после осаждения белков трихлоруксусной кислотой на 0,1 при длине волны 366 нм. Амидазную активность ферментов определяли по методу Эрлангера и соавт. [6], используя в качестве субстратов *п*-нитроанилиды: N,α-бензоил-L-аргинина (**БАПНА**), N-сукцинил-глицил-глицил-L-фенилаланина (**Сук-ГГФПНА**) и N-

карбобензоксиг-L-аланил-L-аланил-L-лейцина (Кбз-ААЛПНА). Концентрация субстрата составляла 0,5 мМ. За одну единицу амидазной активности (АЕ) принимали то количество фермента, которое гидролизует 1 нмоль субстрата в мин.

ДДС-ПААГ-электрофорез проводили в присутствии сополимеризованного субстрата (0,1%-ная желатина) по методу Хеуссен и Даудл [7]. На дорожку наносили 30 мкг лиофильно высушенной КЖ в буфере для нанесения. После электрофоретического разделения белков гель инкубировали в 2,5%-ном растворе тритона Х-100 в течение 2 ч при интенсивном перемешивании для удаления ДДС-На и восстановления активности ферментов. Реакцию гидролиза желатины разделенными фракциями осуществляли, инкубируя гель в 0,1 М глицин-НСl буфере, рН 8,3, в течение ночи при комнатной температуре. Затем гель окрашивали 0,1%-ным раствором амидочерного в течение 1 ч и избыток красителя отмывали смесью этанол – уксусная кислота – вода (3:1:6). Компоненты, обладающие протеолитической активностью, выявлялись как бесцветные зоны на голубом фоне окрашенной желатины.

Все эксперименты и анализы проводились, по крайней мере, в трех повторностях, и результаты представлены в виде средних значений, полученных с указанием стандартного отклонения.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Изучали влияние состава среды на продукцию экзопротеиназ двумя изолятами *A. solani* Sorauer, которые были собраны с листьев картофеля (043-021) и томатов (А7АКТЛ125). Для каждого эксперимента была использована одна из трех сред. Синтетическая среда 1 содержала среду Чапека, в которую в качестве источника белка был добавлен 1% казеина. В среде 2 присутствовали только водорастворимые термостабильные белки из клубней картофеля, а в среде 3 – водорастворимые термостабильные белки из семян гороха. Несмотря на то, что аминокислоты могут быть использованы в качестве единственного источника углерода и азота для грибов, отсутствие углеводов может снизить продукцию экзопротеиназ [8]. В связи с этим корнеплоды моркови были использованы в качестве дополнительного источника углеводов.

Динамика роста мицелия изолятов *A. solani* при 20°C на всех использованных средах приведены на рисунках 1 и 2. Рост мицелия обоих изолятов наблюдался до 17 сут независимо от среды выращивания, но после 6 сут скорость накопления биомассы увеличивалась. Можно видеть, что наиболее активно рос мицелий изолята 043-021 на среде 1 и наибольший прирост биомассы наблюдался после 11 сут (рисунок 1а, кривая 1). Активный рост мицелия этого изолята начался после 6 сут роста и на среде 2 (рисунок 1б, кривая 1). Аналогичное увеличение биомассы изолята 043-021 наблюдалось на среде 3, но скорость ее роста была значительно выше (рисунок 1в, кривая 1). Рост мицелия изолята

A7AKTL125 оказался значительно ниже на всех выбранных средах. Когда использовали среды 1 и 3, активный рост биомассы этого изолята также начинался после 6 сут культивирования (рисунок 2а и 2в, кривая 1), в то время как накопление биомассы в среде 2 началось только после 11 сут культивирования (рисунок 2б, кривая 1). В то же время, рост биомассы изолята A7AKTL125 на среде 3 замедлился после 11 сут культивирования, и ее вес оставался на постоянном уровне до 17 сут (рисунок 2в, кривая 1).

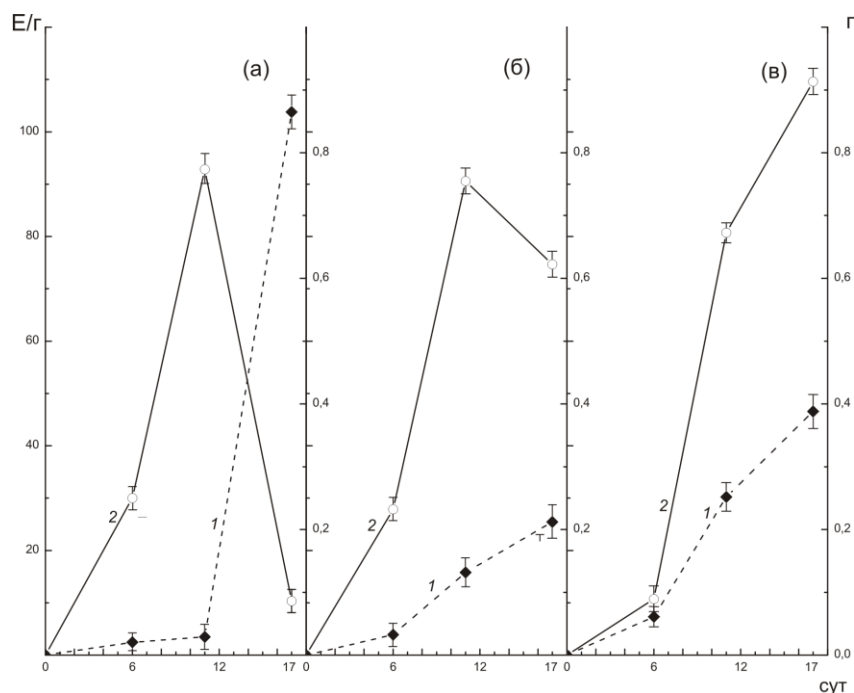


Рисунок 1 – Динамика изменения сухой массы мицелия (1) и экзопротеолитической активности (2) изолята *Alternaria solani* 043-021 в течение роста на различных питательных средах: а – модифицированная среда Чапека, содержащая 1% казеина, б – картофельно-морковный бульон, в – горохово-морковный бульон; азоказеин использован в качестве субстрата

Таким образом, можно предположить, что рост мицелия патогенных грибов определяется как природой доступного органического азота, так и особенностями самого патогена.

Рост мицелия этих двух изолятов на всех используемых средах сопровождался ростом внеклеточной протеолитической активности в КЖ. Увеличение протеолитической активности в КЖ наблюдалось в экспоненциальной фазе роста культуры, и ее максимальный уровень также зависел от природы выбранной среды выращивания (рисунки 1 и 2, кривые 2). Так, на среде 1 характер изменения протеолитической активности, секретируемой обоими изолятами, был одинаков (рисунки 1а и 2а, кривые 2).

Протеолитическая активность, секретируемая изолятом 043-021, начинала увеличиваться с первых суток роста культуры на среде 2 и

достигала максимума через 11 суток развития культуры, а затем следовало резкое ее снижение (рисунок 1б, кривая 2). При культивировании изолята 043-021 на среде 3, экзопротеолитическая активность увеличивалась в течение всего цикла развития и достигала максимума к 17 суткам (рисунок 1в, кривая 2).

При выращивании на средах 2 и 3 изолята A7AKTL125 протеолитическая активность в КЖ отмечалась только на 6-е сутки развития культуры (рисунки 2б и 2в, кривые 2).

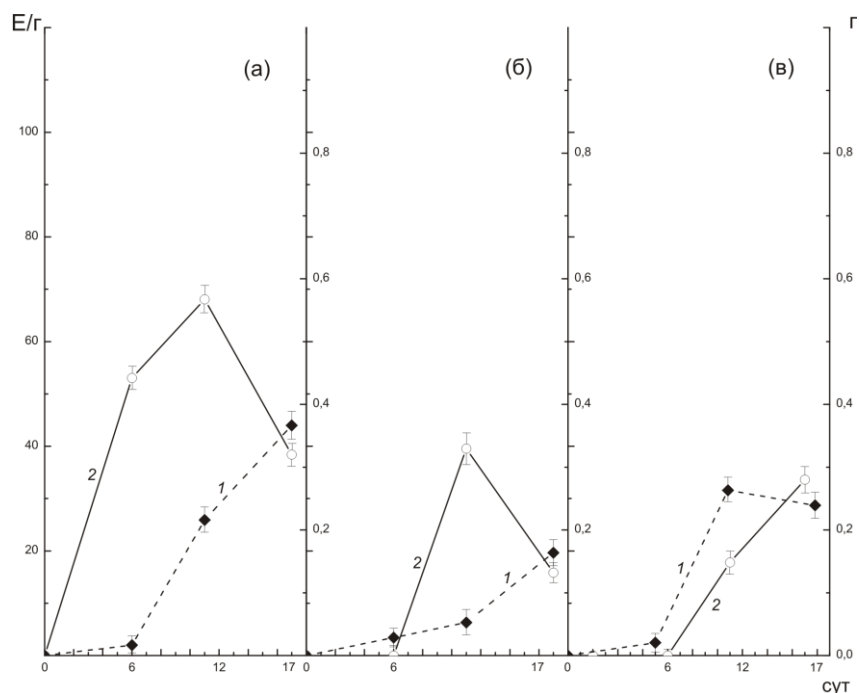


Рисунок 2 – Динамика изменения сухой массы мицелия (1) и экзопротеолитической активности (2) изолята *Alternaria solani* A7AKTL125 в течение роста на различных питательных средах: а – модифицированная среда Чапека, содержащая 1% казеина, б – картофельно-морковный бульон, в – горохово-морковный бульон; азоказеин использован в качестве субстрата

Увеличение этой активности наблюдалось на 11 сутки роста культуры на среде 2, а затем наступало ее резкое падение (рисунок 2б, кривая 2). Во время выращивания изолята A7AKTL125 на среде 3 экзопротеолитическая активность в КЖ росла равномерно в течение всего цикла роста, достигая максимума на 17-е сутки роста культуры (рисунок 2в, кривая 2).

Полученные данные свидетельствовали о прямой связи между количеством доступного органического субстрата и уровнем внеклеточной протеолитической активности, секретируемой этими изолятами гриба. Вполне вероятно, что быстрое падение измеряемой активности после достижения максимума являлось следствием истощения белкового субстрата в культуральной среде, и поэтому не возникало необходимости

поддерживать определенный уровень ферментативного гидролиза белка. Это означает, что секреция ферментов непосредственно не была связана с накоплением биомассы грибов, а она в значительной степени зависела от продуктивности мицелия. Полученные данные указывали также на то, что экзопроотеиназы *A. solani* секретируются в качестве первичных метаболитов, необходимых для поддержания жизнедеятельности клеток гриба.

Результаты сравнительного изучения субстратной специфичности внеклеточных протеиназ, секретируемых двумя изолятами *A. solani*, приведены на рисунках 3 и 4.

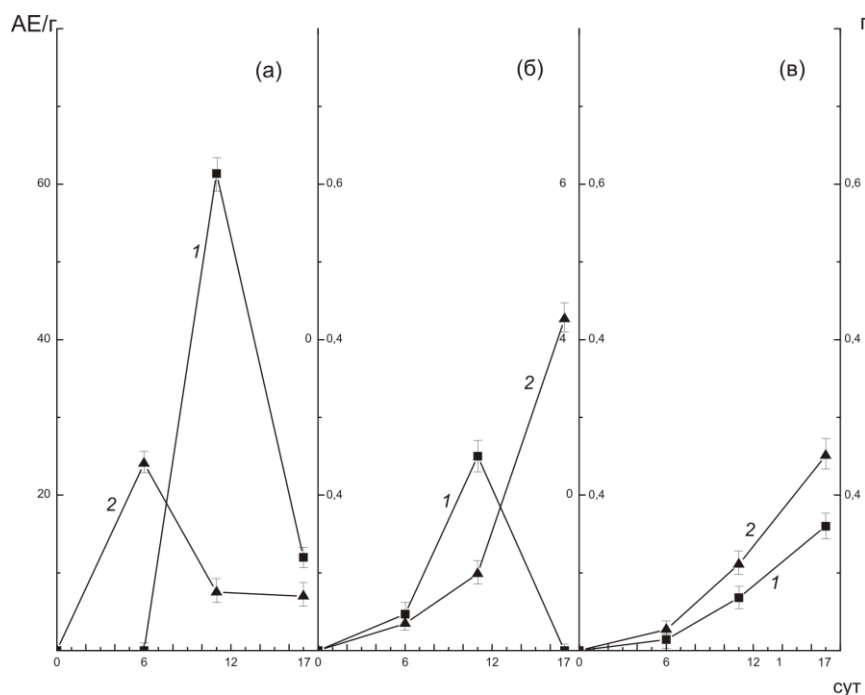


Рисунок 3 – Динамика изменения трипсино- (1) и субтилизиноподобной активности (2) изолята *Alternaria solani* 043-021 в течение роста на различных питательных средах: а - модифицированная среда Чапека, содержащая 1% казеина, б - картофельно-морковный бульон, в – горохово-морковный бульон; в качестве субстрата для трипсиноподобных протеиназ использовали БАПНА, а для субтилизиноподобных – Кбз-ААЛПНА

Приведенные данные подтвердили, что экзопроотеиназы, продуцируемые аскомицетом *A. solani*, эффективно гидролизуют БАПНА (субстрат для трипсиноподобных протеиназ) и в меньшей степени Кбз-ААЛПНА (субстрат для субтилизиноподобных протеиназ) независимо от того, какое растение (листья картофеля или помидоров) он поражает. Они не действуют на Сук-ГГФПНА (субстрат для химотрипсиноподобных протеиназ). Однако соотношение трипсино- и субтилизиноподобных ферментов зависело как от состава питательной среды, так и от природы изолята.

При росте изолята 043-021 на среде 1 наблюдалось увеличение секреции трипсиноподобных протеиназ, которая начиналась на 6 сутки

культивирования. Активность этих ферментов достигала максимума через 11 суток роста культуры. Затем активность трипсиноподобных протеиназ начинала резко снижаться (рисунок 3а, кривая 1). Секрецию субтилизиноподобных протеиназ наблюдали с первых сут, и их активность достигла максимума на 6 сутки, а затем снижалась к 11 суткам, оставаясь постоянной в течение дальнейшего роста культуры (рисунок 3а, кривая 2).

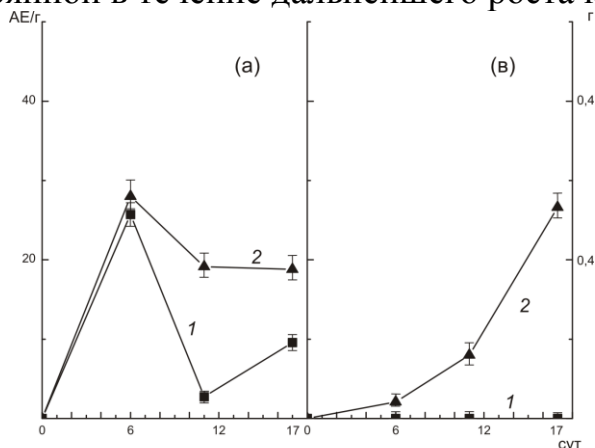


Рисунок 4 – Динамика изменения трипсино- (1) и субтилизиноподобной активности (2) изолята *Alternaria solani* A7AKTL125 в течение роста на различных питательных средах: а – модифицированная среда Чапека, содержащая 1% казеина, в – горохово-морковный бульон; в качестве субстрата для трипсиноподобных протеиназ использовали БАПНА, а для субтилизиноподобных – Кбз-ААЛПНА

Секреция субтилизино- и трипсиноподобных протеиназ изолятом 043-021, культивируемым на среде 2 с высоким содержанием углеводов, начиналась с первых дней развития культуры (рисунок 3б, кривые 1, 2). Трипсиноподобная активность быстро увеличивалась и достигала максимума в 11 сут-ной культуре (рисунок 3б, кривая 1). Затем секреция начинала резко падать и на 17-е сутки культивирования практически не обнаруживалась. В тоже время субтилизиноподобная активность росла и на 17-е сутки роста культуры достигла максимального значения (рисунок 3б, кривая 2). Изолят 043-021 при выращивании на среде 3, относительно сбалансированной по содержанию белков и углеводов, продуцировал одновременно и трипсино-, и субтилизиноподобные протеиназы, максимальная активность которых достигалась к 17 сут роста культуры (рисунок 3в, кривые 1, 2).

Изолят A7AKTL125 с первого дня роста культуры на среде 1 продуцировал одновременно трипсино- и субтилизиноподобные протеиназы. Их активности увеличивались одинаково и достигали максимума к 6-м суткам (рисунок 4а, кривые 1, 2). Затем наблюдалось значительное падение секреции трипсиноподобных протеиназ (рисунок 4а, кривая 1), в то время как секреция субтилизиноподобных ферментов снижалась незначительно и оставалась постоянной вплоть до 17 сут культивирования (рисунок 4а, кривая 2). Изолят A7AKTL125 не продуцировал сериновые протеиназы при выращивании на среде 2, а

трипсиноподобные ферменты – на среде 3 (рисунок 4в, кривая 1). Тем не менее, активность субтилизиноподобных протеиназ была обнаружена после 6 сут роста и увеличивалась вплоть до 17-х сут (рисунок 4в, кривая 2).

Таким образом, можно предположить, что на ранних стадиях роста оба изолята продуцировали, главным образом, субтилизиноподобные протеиназы.

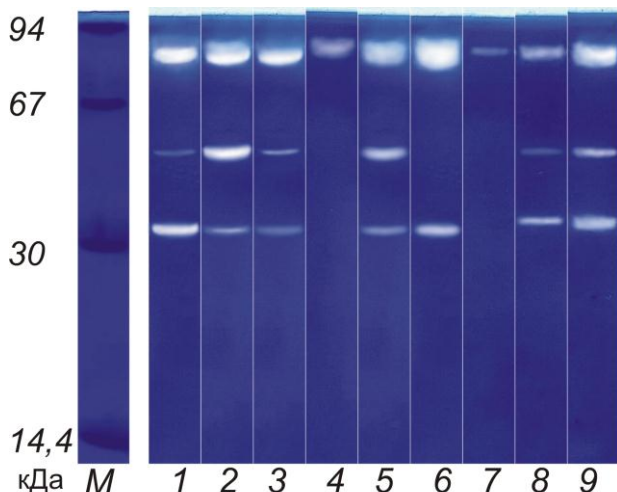


Рисунок 5 – Зимограммы экзопроотеиназ, секретируемых изолятом *Alternaria solani* 043-021 в течение роста на различных питательных средах: дорожки 1-3 – модифицированная среда Чапека, содержащая 1% казеина, дорожки 4-6 – картофельно-морковный бульон, и дорожки 7-9 – горохово-морковный бульон. Дорожки 1, 4 и 7 – белки, появляющиеся в среде на 6 сут роста гриба, дорожки 2, 5 и 8 – белки, появляющиеся в среде на 11 сут роста, дорожки 3, 6 и 9 – белки, появляющиеся в среде на 17 сут роста. М – кДа – белки-маркеры: фосфорилаза b –94, бычий сывороточный альбумин – 67, карбоангидразы - 30, и лактальбумин – 14,4; зимограмма получена после ДДС-ПААГ-электрофореза в присутствии желатины

Результаты ДДС-ПААГ-электорофореза свидетельствовали о том, что изоляты 043-021 и А7АКТЛ125 секретируют три или более белков с различной молекулярной массой, обладающие протеолитической активностью (рисунки 5 и 6). Изолят 043-021 после 6 суток роста на среде 1 продуцировал экзопроотеиназы с молекулярной массой 90, 50 и 35 кДа, и изменений в их составе не наблюдалось в течение всего цикла его развития (рисунок 5, дорожки 1-3). Это может свидетельствовать о том, что на первых стадиях развития микроорганизма на среде 1, сбалансированной по белкам и углеводам, секретиrowался полный спектр протеиназ. Тем не менее, их содержание существенно изменялось в процессе роста изолята. Так, в течение первых 6 суток развития на среде 1 изолята 043-021, собранного с листьев картофеля, преобладали ферменты с молекулярной массой около 90 и 35 кДа (рисунок 5, дорожка 1). На 12 сутки развития увеличивалось содержание экзопроотеиназы с молекулярной массой около 50 кДа (рисунок 5, дорожка 2). На 17 сутки содержание белков с

молекулярными массами 50 и 35 кДа было примерно одинаковым (рисунок 5, дорожка 3). Изолят A7AKTL125, собранный с листьев томатов, на протяжении всего цикла развития на среде 1 продуцировал одни и те же экзоферменты, имеющие молекулярные массы 90, 65, 25 и 30 кДа (рисунок 6, дорожки 1-3).

При выращивании на средах 2 и 3 изолят 043-021 начинал секретировать 90 кДа-экзопротеиназу (рисунок 5, дорожки 4 и 7). Следует отметить, что содержание ферментов, секретируемых этим изолятом, изменялось в зависимости от среды инкубации. Так, 50 кДа-белок не был обнаружен в среде 2 на 6-е и 17-е сутки роста, он появлялся только на 12-е сутки культивирования (рисунок 5, дорожки 4, 5 и 6). В среде 3 этот белок начинал появляться после 12 суток роста и достигал максимального количества к 17-м суткам (рисунок 5, дорожки 8 и 9). Компонент с молекулярной массой 30 кДа обнаруживался на 12-е и 17-е сутки роста, как в среде 2, так и в среде 3 (рисунок 5, дорожки 5, 6, 8 и 9).

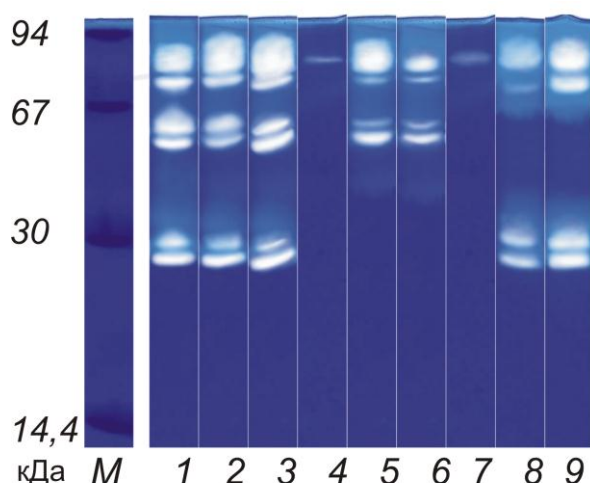


Рисунок 6 – Зимограммы экзопротеиназ, секретируемых изолятом *Alternaria solani* A7AKTL125 в течение роста на различных питательных средах: зимограмма получена после ДДС-ПААГ-электрофореза в присутствии желатины; обозначения дорожек приведены в подписи к рисунку 5

Динамика накопления экзопротеиназ изолятом A7AKTL125 также зависела от состава питательной среды. Белки с высокой молекулярной массой (90 и 60 кДа) присутствовали в среде 2, но в ней отсутствовали белки с молекулярной массой около 30 кДа (рисунок 6, дорожки 5 и 6). В среде 3 не обнаруживался компонент с молекулярной массой 60 кДа, но в ней были найдены компоненты с молекулярной массой 25 и 30 кДа (рисунок 6, дорожки 8 и 9).

Интересно сравнить данные ДДС-ПААГ-электорофореза с данными, полученными при изучении изменений активности экзопротеиназ в процессе роста изолятов в различных культуральных средах. Сравнение рисунков 3 и 5 показывало, что 50-кДа белок, секретируемый изолятом 043-021, обладал трипсиноподобной активностью, а 30-кДа белок –

субтилизиноподобной. Изолят A7AKTL125 не продуцировал 50-кДа белок при росте во всех средах (рисунки 4 и 6). Тем не менее, рост обоих изолятов на средах 1 и 3 сопровождался секрецией, по крайней мере, двух белков с молекулярными массами 25 и 30 кДа. Весьма вероятно, что эти белки обладали субтилизиноподобной активностью.

Показано, что оба изолята *A. Solani* Sorauer продуцируют внеклеточные протеиназы при выращивании на всех использованных средах, на которых они поддерживали довольно хороший рост. При росте *A. Solani* на синтетической среде 1, содержащей казеин, которая обычно используется для культивирования микроорганизмов, наблюдался более высокий уровень секреции экзопроотеиназ по сравнению с выращиванием на средах, содержащих растительные белки, но их состав значительно различался. Следует отметить, что уровень секреции протеолитических ферментов в синтетическую среду 1 практически не зависел от источника выделения *Iternate* (растения-хозяина). Известно, что протеиназы, продуцируемые *Iternate in vitro*, могут значительно отличаться от тех, которые секретируются в естественных условиях при инфицировании растения-хозяина [9]. Можно заключить, что синтетическую среду Чапека рационально использовать для получения высоко активных протеиназ, продуцируемых микроорганизмами, но эта среда не подходит для изучения особенностей динамики их секреции различными штаммами *in vivo*. Использование сред, содержащих только растительные белки, позволило обнаружить различия в составе экзопептидаз, секретируемых мицелием патогенов, которые могут отражать как экологические условия культивирования, так и особенности грибов.

При использовании сред, не содержащих синтетические добавки, сходных с естественной средой обитания *Iternate*, секреция ферментов изолятами *A. Solani* определялась как их спецификой, так и условиями культивирования. Этот результат согласуется с ранее полученными данными для фитопатогенного гриба *Rhizoctonia solani* Kühn [10]. Так, было показано, что изменения условий его выращивания, особенно доступных источников азота, приводили к изменению не только количества секретируемых протеиназ, но и их природы и специфичности их действия.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании анализа субстратной специфичности внеклеточных протеиназ, было установлено, что изолят 043-021 секретирует сериновые протеиназы в культуральные среды 2 и 3, содержащие термостабильные белки из клубней картофеля и семян гороха. Эти протеиназы могут быть отнесены к субтилизино- и трипсиноподобным ферментам. Изменение состава среды приводило к изменению соотношения этих ферментов, но активность трипсиноподобных протеиназ была значительно выше, чем субтилизиноподобных. В то же время, изолят A7AKTL125 не продуцировал сериновые протеиназы в среде 2, содержащей

термостабильные белки картофеля. Этот изолят секретировал субтилизиноподобные ферменты только в среде 3, содержащей термостабильные белки гороха. Полученные данные свидетельствовали о том, что секреция протеиназ, в частности серинового типа, определялась условиями среды обитания гриба, и особенно имеющимся источником питательных веществ. Специфичность действия, время появления и присутствие трипсиноподобной активности у рассматриваемых патогенов, указывают на возможное участие этих ферментов в фитопатогенезе.

Оказалось, что штамм 043-021 сохранял свойства *lternate* при росте на обеих средах. В свою очередь, штамм A7AKTL125 утрачивал патогенные свойства и становился сапрофитом на средах, обогащенных органическими источниками азота.

Таким образом, показано, что протеиназы, продуцируемые при росте патогенных грибов на растениях, отличаются как по специфичности действия, так и количеству от тех, которые секретуются на синтетической среде. Действительно, секреция экзопроотеиназ снижалась в ответ на понижение содержания азота и углерода в среде. Тем не менее, различия в свойствах протеиназ, секретированных исследованными микроорганизмами, вряд ли вызваны только изменениями в составе пищевого субстрата. Весьма вероятно, что они связаны в значительной степени с особенностями генома гриба. Можно предположить, что рост мицелия патогенного гриба и продукция внеклеточных протеиназ одновременно определяются состоянием органического азота в среде и особенностями *lternate* и растения-хозяина.

Литература

1. Lourenço, V. Molecular diversity and evolutionary processes of *Alternaria solani* in Brazil inferred using genealogical and coalescent approaches. / V. Lourenço, A. Moya [et al.] // *Phytopathology*. – 2009. – V. 99. – P. 765-774.
2. Page, M.J. Serine peptidases: classification, structure and function. / M.J. Page, E. Di Cera // *Cell Mol. Life Sci.* – 2008. – V. 65. – P. 1220-1236.
3. Monod, M. Secreted proteases from pathogenic fungi. / M. Monod, S. Capoccia, [et al.] // *Int. J. Med. Microbiol.* – 2002. – V. 292. – P. 405-419.
4. Dubovenko, A.G. Trypsin-like proteins of the fungi as possible markers of pathogenicity. / A.G. Dubovenko, Y.E. Dunaevsky [et al.] // *Fungal Biol.* – 2010. – V. 114. – P. 151-159.
5. Charney, J. A colorimetric method for the determination of the proteolytic activity of duodenal juice. / J. Charney, R.M. Toarelli // *J. Biol. Chem.* – 1947. - V. 171. – P. 501-505.
6. Erlanger, D.F. The preparation and properties of two new chromogenic substrates of trypsin. / D.F. Erlanger, N. Kokowsky, W. Cohen. // *Arch. Biochem. Biophys.* – 1961. – V. 95(2). – P. 271-278.
7. Heussen, C. Electrophoretic analysis of plasminogen activators in polyacrylamide gels containing sodium dodecyl sulfate and copolymerized

substrates. / С. Heussen, E.B. Dowdle // Anal Biochem. – 1980. – V. 102(2). – P. 196-202.

8. Дунаевский, Я.Е. Влияние условий культивирования на образование и секрецию протеаз грибами *Alternaria alternata* и *Fusarium oxysporum*. / Я.Е. Дунаевский, Г.А. Белякова [и др.] // Микробиология. – 1995. – Т. 64 (3). – С. 327-330.

9. Katz, M.E. Mutations affecting extracellular protease production in the filamentous fungus *Aspergillus nidulans*. / M.E. Katz, P.K. Flynn [et al.] // Mol. Gen. Gen. – 1996. – V. 250. – P. 715-724.

10. Valueva, T.A. Environmental conditions as a determinant of the exoproteinase composition of three phytopathogenic microorganisms. / T.A. Valueva, N.N. Kudryavtseva [et al.] // J. Pathogens. – 2011. <http://dx.doi.org/10.4061/2011/947218>.

PROTEOLYTIC ENZYMES SECRETED BY TWO ISOLATES FUNGUS ALTERNARIA SOLANI SORAUER

VALUEVA T.A., KUDRYAVTSEVA N.N., GVOZDEVA E.L., SOF'IN A.V., POBEDINSKAYA M.A., ELANSKY S.N.

SUMMARY

Serine proteinases secretion by two genetically related isolates of the fungus, collected from potato and tomato plants grown in central Russia have been studied. The data clarify functions of these enzymes in the process of pathogenesis in which they can play a pivotal role. It was found that the two isolates produced trypsin-like and subtilisin-like proteinases during growth both in synthetic culture medium and in medium containing heat-stable vegetable proteins. There were significant differences in the influence of the environment on the serine proteinase secretion by the potato and tomato isolates of A. solani. The proportion of such serine proteinases as trypsin-like and subtilisin-like enzymes depends on the composition of the growth medium, especially on the available organic nitrogen form, as well as features both of the pathogenic fungus and of the host plant. So, the tomato isolate demonstrated weak growth and low level or absence of serine proteinase excretion on cultivation with the medium containing proteins extracted from potato tubers and pea seeds. The potato isolate secreted many more serine proteinases, among which the trypsin-like enzymes dominated. Our data suggest that the tomato isolate, when grown on medium with proteins extracted from potato tubers, lost pathogenicity and became to behave as a saprophyte, while the potato isolate retained its pathogenic properties on growth on any tested medium.

Key words: fungus, trypsin-like, subtilisin-like, proteinase

Поступила в редакцию 07.05.2013 г.

УДК 632.937:632.768.12

**БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ НОВЫХ ШТАММОВ
ЭНТОМОПАТОГЕННЫХ НЕМАТОД ПО ОТНОШЕНИЮ К
LEPTINOTARSA DECEMLINEATA SAY (COLEOPTERA,
CHRYSOMELIDAE)**

Войтка Д.В., Герасимович М.С.

РУП “Институт защиты растений”

E-mail: biocontrol@tut.by

РЕЗЮМЕ

*Изучена восприимчивость личинок различных возрастов и имаго колорадского жука к заражению новыми штаммами энтомопатогенных нематод. Показана зависимость биологической активности энтомопатогенных нематод от инвазионной нагрузки. На основании комплексной оценки продуктивности и биологической активности отобраны перспективные для изготовления биопрепарата штаммы – *Steinernema carpocapsae* №13 и *Steinernema feltiae* №8.*

Ключевые слова: колорадский жук, *Leptinotarsa decemlineata* Say, энтомопатогенные нематоды, *Steinernema carpocapsae*, *Steinernema feltiae*, биологическая активность.

ВВЕДЕНИЕ

Ввиду высокой адаптационной способности и пластичности колорадского жука *Leptinotarsa decemlineata* Say (Coleoptera, Chrysomelidae) в настоящее время в республике сформировалась высокая плотность природных популяций фитофага, наблюдается усиление вредоносности в агроценозах картофеля. Вредитель ежегодно заселяет 98–100% обследованных посадок картофеля [1]. Вредоносность фитофага обусловлена высокой плодовитостью и прожорливостью. Ощутимый вред наносят как личинки, так и жуки, особенно личинки 3–4 возраста. Вредоносность усиливается присутствием питающихся стадий вредителя на протяжении всего вегетационного периода. При большой численности (более 20 особей на куст) колорадский жук может снизить урожай на 30–50%, а иногда и полностью уничтожить посадки картофеля [2].

Правильный подбор ассортимента химических пестицидов и сроков их применения позволяют контролировать развитие популяции фитофага. Однако большинство пестицидов являются чрезвычайно токсичными, и их интенсивное и повсеместное использование может приводить к серьезным экологическим последствиям. К тому же существует проблема формирования резистентности у фитофага к используемым препаратам.

Как альтернатива химическому методу защиты растений все большее значение в защите картофеля от колорадского жука приобретает биологический метод, который не нарушает экологического равновесия в биоценозе, не загрязняет окружающую среду токсическими веществами, не оказывает вредного влияния на человека и животных, что важно при возделывании такой культуры как картофель.

Энтомопатогенные нематоды занимают на рынке биологических средств защиты растений второе место после бактериальных препаратов на основе *Bacillus thuringiensis*, значительно опережая все остальные. Энтомопатогенных нематод отличает ряд уникальных особенностей, которые могут быть ценными для решения проблемы регуляции численности вредных насекомых: широкий круг потенциальных хозяев (более 1000 видов), возможность культивирования на искусственных питательных средах и в организме насекомого, высокий репродуктивный потенциал и выживаемость в естественных условиях, синергизм действия в отношении насекомых-хозяев при совместном применении с другими энтомопатогенами. Перечисленные факторы открывают широкие возможности использования энтомопатогенных нематод в защите растений от фитофагов.

В литературе имеются сведения о возможности использования энтомогельминтов против колорадского жука. В полевых опытах установлена высокая степень восприимчивости к заражению нематодами *Steinernema carpocapsae* штамм “*agriotos*” личинок жука 1–3 возрастов (до 60%) [3]. При совместном применении двух видов нематод *S. carpocapsae* штамм “*agriotos*” и *S. feltiae* штамм SRP 91 против личинок колорадского жука 1 возраста биологическая эффективность в отношении вредителя составила 72,1–75,8% [4].

В работах зарубежных ученых также сообщается о перспективе биологического контроля колорадского жука путем использования энтомопатогенных нематод [5–7].

Целью наших исследований была оценка биологической активности новых штаммов аборигенных популяций энтомопатогенных нематод по отношению к различным стадиям онтогенеза колорадского жука *Leptinotarsa decemlineata* Say.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

В экспериментальных исследованиях использовали 5 новых штаммов энтомопатогенных нематод семейства *Steinernematidae* рода *Steinernema*: *S. carpocapsae* № 5, *S. carpocapsae* № 13 и *S. feltiae* № 8, *S. feltiae* №15, *S. feltiae* №31, выделенных в различных агроклиматических зонах Республики Беларусь.

Для определения продуктивности изучаемых штаммов проводили заражение нематодами гусениц тест-объекта – большой пчелиной огневки *Galleria mellonella* L. В чашки Петри с сухой фильтровальной бумагой на дне размещали 10 гусениц *G. mellonella* старшего возраста (средний вес

100–120 мг). Насекомых орошали из пипетки 1 мл водной суспензии нематод из расчета 100 инвазионных личинок на одно насекомое. Чашки Петри помещали в термостат при температуре 24–25°C. Спустя 48 часов, насекомые погибали от септицемии, вызванной бактериями-симбионтами. Погибших гусениц пинцетом переносили в нематодные ловушки, предназначенные для сбора инвазионных личинок. Через 8–11 суток после заражения из погибших насекомых начиналась миграция инвазионных личинок. Мигрирующих нематод вместе с жидкостью сливали в сборный сосуд. Затем подсчитывали их количество в среднем на одну гусеницу.

Определение биологической активности энтомопатогенных нематод по отношению к колорадскому жуку проводили по методике Веремчук Г.В. и Данилова Л.Г. [8]. Инвазионная нагрузка составляла 12, 25, 50 и 100 личинок энтомопатогенных нематод/ насекомое. Повторность опытов 4-кратная, по 10 особей в каждой. Насекомых орошали из пипетки 1 мл водной суспензии нематод. Чашки Петри с обработанными насекомыми помещали в термостат с постоянным режимом температуры +25°C. Гибель насекомых учитывали через 24, 48, 72 часа. Биологическую активность энтомопатогенных нематод рассчитывали по формуле Абботта (1925) с учетом естественной гибели в контроле [9].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Предварительная работа по изоляции и идентификации энтомопатогенных нематод аборигенных популяций позволила установить, что все выделенные изоляты относятся к подклассу *Secernente* (фазмидиевые), отряду *Rhabditida*, семейству *Steinernematidae*, роду *Steinernema* и двум видам *S. carpocapsae* (№5, №13) и *S. feltiae* (№8, №15, №31). В ГНУ «Всероссийский институт защиты растений» подтверждена идентификация выделенных изолятов энтомопатогенных нематод по морфологическим признакам, которые используют в систематике при определении видовой принадлежности нематод.

Энтомопатогенные нематоды рода *Steinernema* – это мелкие круглые черви, которые паразитируют в полости тела насекомого. Свободноживущей стадией жизненного цикла штейнернематид являются инвазионные личинки – непитающиеся личинки 3-й стадии с замкнутым ротовым и анальным отверстиями.

Для производства препаратов на основе энтомопатогенных нематод одним из важных факторов является подбор штамма с высокой репродуктивной способностью. Результаты, полученные в ходе оценки продуктивности новых штаммов энтомопатогенных нематод на лабораторном тест-объекте – гусеницах *G.mellonella*, свидетельствуют, что штаммы *S. carpocapsae* № 13, *S. feltiae* № 8 и *S. feltiae* № 31 обладают высоким репродуктивным потенциалом – при дозе заражения 100 инвазионных личинок нематод на одну гусеницу восковой моли личиночный эквивалент для данных изолятов составил 74,2–151,5 тыс. инвазионных личинок нематод/гусеницу (таблица 1).

Таблица 1 – Продуктивность новых штаммов энтомопатогенных нематод (тест-объект – гусеницы большой пчелиной огневки *Galleria mellonella* L.)

Штамм энтомопатогенных нематод	Доза энтомопатогенных нематод, экз./гусеницу	Продуктивность, тыс. инвазионных личинок нематод/гусеницу
<i>S. carpocapsae</i> № 5	100	38,6
<i>S. carpocapsae</i> № 13	100	127,9
<i>S. feltiae</i> № 8	100	151,5
<i>S. feltiae</i> № 15	100	5,7
<i>S. feltiae</i> № 31	100	74,2

Известно, что биологическая активность энтомопатогенных нематод в отношении 4 возраста и имагинальной стадии колорадского жука ниже, чем по отношению к личинкам более ранних возрастов [3]. После того как нематоды попадают в полость насекомого, они начинают развиваться совместно с симбиотическими бактериями *Xenorhabdus nematophilus*, которые выделяются из среднего отдела кишечника инвазионных личинок. Насекомые, зараженные нематодами, погибают в течение 36–48 часов от септицемии, а энтомонематоды продолжают свое развитие в трупах. Низкая восприимчивость личинок колорадского жука 4 возраста к заражению нематодами, вероятно, обусловлена наличием у насекомых плотных покровных тканей, а также способностью вредителя инкапсулировать инвазионные личинки нематод, тем самым, снижая их активность.

Наши исследования подтверждают, что энтомопатогенные нематоды обладают высокой активностью по отношению к 2–3 возрасту *L. decemlineata*. При максимальной из использованной нами инвазионной нагрузке (100 личинок нематод/ насекомое) гибель фитофага достигала 100% при оценке на личинках 2–3 возраста, в то время как гибель личинок 4 возраста варьировала в пределах 35–55%, а имаго – 10–20% (таблица 2)

Таблица 2 – Чувствительность различных возрастов *L. decemlineata* к новым штаммам энтомопатогенных нематод р. *Steinernema* (инвазионная нагрузка – 100 личинок нематод/ насекомое)

Стадия развития фитофага	Гибель фитофага, %
<i>S. carpocapsae</i> № 5	
Имаго	10,0
Личинки 4 возраста	35,0
Личинки 2–3 возраста	85,0

Продолжение таблицы 2

<i>S. feltiae</i> № 8	
Имаго	20,0
Личинки 4 возраста	55,0
Личинки 2–3 возраста	100
<i>S. carpocapsae</i> № 13	
Имаго	15,0
Личинки 4 возраста	50,0
Личинки 2–3 возраста	100
<i>S. feltiae</i> № 15	
Имаго	15,0
Личинки 4 возраста	45,0
Личинки 2–3 возраста	95,0
<i>S. feltiae</i> № 31	
Имаго	10,0
Личинки 4 возраста	40,0
Личинки 2–3 возраста	80,0

Для обоснования практического применения энтомогельминтов в контроле численности фитофага и оптимизации норм применения биопрепаратов на основе новых штаммов энтомонематод нами изучена зависимость гибели личинок *L. Decemlineata* 2–3 возраста при различной инвазионной нагрузке (50, 25 и 12 инвазионных личинок на насекомое).

Результаты скрининга показали штаммоспецифичное влияние энтомопатогенных нематод на личинок 2–3 возраста колорадского жука. Высокая биологическая активность при различной инвазионной нагрузке отмечена для штаммов *S. carpocapsae* № 13, *S. feltiae* № 15 и *S. feltiae* № 8 – при дозе 50 инвазионных личинок нематод/насекомое гибель фитофага составила 85,0–100%; при дозе 25 инвазионных личинок нематод/насекомое – 70,0–80,0%, при дозе 12 инвазионных личинок нематод/насекомое – 50,0–65,0% (таблица 3).

Таблица 3 – Влияние различной инвазионной нагрузки энтомопатогенных нематод на гибель личинок 2–3 возраста *L. Decemlineata*

Штамм энтомопатогенных нематод	Гибель фитофага, % при различной инвазионной нагрузке (личинок нематод/насекомое)		
	50	25	12
<i>S. carpocapsae</i> № 5	75,0	60,0	45,0
<i>S. carpocapsae</i> № 13	85,0	70,0	50,0
<i>S. feltiae</i> № 8	100	75,0	50,0
<i>S. feltiae</i> № 15	95,0	80,0	65,0
<i>S. feltiae</i> № 31	75,0	60,0	45,0

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате изучения вирулентности новых штаммов аборигенных популяций энтомопатогенных нематод установлена их биологическая активность по отношению к фитофагу – колорадскому жуку *Leptinotarsa decemlineata* Say. Лабораторный скрининг подтвердил уменьшение чувствительности различных стадий онтогенеза *L. decemlineata* к энтомопатогенным нематодам – биологическая активность энтомогельминтов снижается в ряду “личинки 2–3 возраста – личинки 4 возраста – имаго”. Как перспективные с точки зрения возможности лабораторного культивирования для изготовления биологических препаратов и активности по отношению к фитофагу можно рассматривать штаммы энтомопатогенных нематод *S. carpocapsae* № 13 и *S. feltiae* № 8.

Литература

1. Бречко, Е.В. Биологические особенности колорадского жука (*Leptinotarsa decemlineata* Say.) / Е.В. Бречко // Защита растений: сборник научных трудов / РУП «Институт защиты растений»; Гл. ред. Л.И. Трепашко. – Несвиж, 2010. – Вып. 34. – С.149-160.
2. Интегрированные системы защиты овощных культур и картофеля от вредителей, болезней и сорняков / С.В.Сорока и др. – Несвиж, 2011. – 270 с.
3. Данилов, Л.Г. Восприимчивость колорадского жука (*Leptinotarsa decemlineata* Say) к заражению энтомопатогенными нематодами *Neoaplectana carpocapsae* штамм “*agriotos*” // Бюл. ВИЗР. –1978. – № 44. – С. 3-6.
4. Иванов, С.Г., Данилов Л.Г., Павлюшин В.А. 2001. Средство борьбы с личинками колорадского жука на картофеле. Патент № 2167527, Бюл. № 15.
5. Thurston, G.S. Explanations for the Low Susceptibility of *Leptinotarsa decemlineata* to *Steinernema carpocapsae* / G.S. Thurston, W.N. Yule, G.B. Dunphy // Biological Control. – 1994. – Vol. 4, N 1. – P. 53–58.
6. Control of the Colorado potato beetle (*Leptinotarsa decemlineata* [Say]) on potato under field conditions: a comparison of the efficacy of foliar application of two strains of *Steinernema feltiae* (Filipjev) and spraying with thiametoxam / Laznik Ž. [et al.] // J. of Plant Diseases and Protect. – 2010. – Vol. 17, N 3. – P. 129–135.
7. Ebrahimi, L. Lethal and sublethal effects of Iranian isolates of *Steinernema feltiae* and *Heterorhabditis bacteriophora* on the Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata* / L. Ebrahimi, G. Niknam, E. E. Lewis // BioControl. – 2011. – Vol. 56, N 5. – P. 781-788.
8. Веремчук, Г.В. Об определении инвазионной активности культуры нематод *Neoaplectana carpocapsae* Weiser (*Steinernematidae*) / Г.В.

Веремчук, Л.Г. Данилов // Тезисы докл. 1-й Всесоюзн. науч. конф. – Кишинев, 1976. – С. 132-134.

9. Abbott, W.S. A method of computing the effectiveness of an insecticide / W.S. Abbott // Econ. Entomol. – 1925. – Vol. 18. – P. 265-267.

**BIOLOGICAL ACTIVITY OF ENTOMOPATHOGENIC NEMATODE
NEW STRAINS AGAINST *LEPTINOTARSA DECEMLINEATA* SAY
(COLEOPTERA, CHRYSOMELIDAE)**

VOITKA D.V., HERASIMOVICH M.S.

SUMMARY

*The susceptibility of Colorado beetle different instar larvae and imago to infection by new entomopathogenic nematode new strains infection is studied. Dependence of entomopathogenic nematode biological activity from invasive loading is shown. On the basis of a complex efficiency estimation and biological activity, the perspective for biological products production strains – *Steinernema carpocapsae* №13 and *Steinernema feltiae* №8 are selected.*

Key words: Colorado beetle, *Leptinotarsa decemlineata* Say, entomopathogenic nematodes, *Steinernema carpocapsae*, *Steinernema feltiae*, biological activity.

Поступила в редакцию 29.04.2013 г.

УДК 635.21:632.952:632.4(476)

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРЕПАРАТА НЬЮ-ФИЛМ-17, В ЗАЩИТЕ КАРТОФЕЛЯ ОТ ФИТОФТОРОЗА И АЛЬТЕРНАРИОЗА

Горенко Т.В., Бусько И.И., Михаленя О.Н., Манцевич Л.А.,
Леванцевич И.В., Вагера С.М.

РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по картофелеводству и плодородию почвы»

E-mail: taniusha0708@mail.ru

РЕЗЮМЕ

В данной статье представлены результаты эффективного применения ПАВ (поверхностно-активное вещество) Нью-Филм-17, КЭ, совместно с фунгицидом Акробат МЦ, для обработки вегетирующих растений. На основании проведенных исследований была изучена биологическая и хозяйственная эффективность данного препарата.

Ключевые слова: картофель, сорт, поверхностно-активное вещество, фитофтороз, альтернариоз, патоген, фунгицидная нагрузка.

ВВЕДЕНИЕ

Самое вредоносное заболевание картофеля в республике и большинстве стран мира – фитофтороз, вызываемый оомицетом *Phytophthora infestans* (Mont) de Bary. Болезнь приносит ощутимые потери, снижая качество семенного материала и урожайность клубней. В Беларуси, в годы эпифитотий, потери урожая от болезни могут превышать 50% [2]. Фитофторозу свойственна высокая скорость развития. В отдельные, благоприятные для фитофтороза годы, нарастание заболевания настолько стремительное, что от единичных больных кустов за 10–15 дней может заразиться все поле, а за 2–3 недели растения могут быть полностью уничтожены [1].

Агротехнические мероприятия в защите картофеля от фитофтороза имеют скорее профилактическое значение, а без использования фунгицидов невозможно получить высокий урожай, даже при возделывании устойчивых сортов.

Патоген обладает высокой экологической пластичностью, адаптивностью и агрессивными свойствами. Так, *Ph. Infestans* в настоящее время поражает картофель на протяжении всего периода вегетации, начиная с появления всходов и до естественного отмирания ботвы [2].

Поэтому наиболее радикальным и надежным методом является химический. В настоящее время наиболее часто используемой является следующая стратегия химической защиты картофеля: опрыскивание растений через определенные фиксированные интервалы времени. Это

обеспечивает постоянное наличие препарата на ботве. Но вместе с этим, данная схема применения препарата приводит к усилению антропогенного воздействия на окружающую среду, а также снижает рентабельность возделывания культуры [2,3].

Для решения данных проблем необходимы научно обоснованные методы снижения уровня и количества использования фунгицидов, которые в тоже время не приводили бы к снижению урожайности. Во многих картофелеводческих регионах мира, в качестве такого метода, успешно используются различные виды прогноза развития заболеваний, которые предсказывают время появления болезни и ход ее развития в зависимости от погодных условий. На основании данных прогноза разрабатывают системы принятия решений, которые предусматривают обработку только в наиболее чувствительные для патогена периоды. Это помогает существенно снизить уровень использования фунгицидов [3].

Еще одним методом снижения фунгицидной нагрузки является использование ПАВ совместно с фунгицидом. Одним из таких препаратов, используемых для защиты картофеля, является Нью-Филм-17, КЭ.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

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

Вид опыта: мелкоделяночный, повторность опыта четырехкратная, площадь – 25,2 м². Агротехника и уход за посевами общепринятые.

Схема опыта:

1. Контроль (без обработки);
2. Акробат МЦ, ВДГ – 2 л/га (эталон) (трехкратно);
3. Акробат МЦ, ВДГ – 2 л/га + ПАВ НЬЮ ФИЛМ-17, КЭ (96% ди 1-п-ментин) – 0,2 л/га (трехкратно);

Норма расхода рабочей жидкости – 300 л/га.

Учеты в опыте: дата появления фитофтороза и альтернариоза, фаза развития картофеля на момент появления фитофтороза и альтернариоза, степень развития болезни (% пораженной поверхности листьев) перед проведением опрыскиваний и через 7 и 14 дней после последней обработки, структура урожая и урожайность. Клубни, пораженные различными видами гнилей (грибными и бактериальными), считали абсолютными отходами и не учитывали при определении урожайности.

Для определения степени поражения ботвы картофеля альтернариозом и фитофторозом использовали следующую оценочную шкалу:

Таблица 1 – Шкала оценки ботвы картофеля на устойчивость к фитофторозу и альтернариозу

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

Биологическую эффективность фунгицидов рассчитывали по формуле

$$(1):$$

$$B = \frac{P - P_1}{P} \times 100, \quad (1)$$

где В – биологическая эффективность, %;

Р и Р₁ – развитие болезни в контроле и опыте, соответственно, %.

Хозяйственную эффективность (прибавку урожая) защитных мероприятий определяли по формуле (2):

$$X = \frac{A - B}{B} \times 100, \quad (2)$$

где Х – хозяйственная эффективность, %;

А – урожай в опыте, т/га;

В – урожай в контроле, т/га.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Первая профилактическая обработка растений картофеля против фитофтороза и альтернариоза была проведена до выявления первых признаков заболеваний на опытном участке. Вторую обработку проводили через 14 дней после первой вне зависимости от развития болезней на листьях картофеля, третья обработка проводилась 24 июля. Появление первых признаков фитофтороза на опытном участке отмечено 8 июля на контроле (таблица 2). Появлению данного заболевания предшествовала умеренно теплая погода с периодическим выпадением осадков. 18 июля первые пятна фитофтороза были выявлены на делянках, обработанных препаратами. В дальнейшем шло постепенное нарастание заболевания и уже к 15 августа в контроле отмечено 55,5% поражения листьев, а в вариантах опыта развитие составило 22,4–27% соответственно. После применения ПАВ Нью Филм-17,КЭ (96% ди 1-п-ментин) и акробат МЦ, ВДГ развитие заболеваний на обработанных делянках приостановилось, заболевания снова стали динамично развиваться лишь в конце июля (таблица 2).

Таблица 2 – Динамика развития фитофтороза и альтернариоза картофеля на изучаемых вариантах, сорт Лад, 2011–2012 гг. (среднее)

Вариант	Количество обработок	Норма расхода препарата, л/га, кг/га	Развитие фитофтороза по датам учета, %						Развитие альтернариоза по датам учета, %					
			26.06	08.07	18.07	24.07	06.08	15.08	26.06	08.07	18.07	24.07	06.08	15.08
Контроль	0	-	0	0,15	1,8	4,5	50,0	55,5	0	0	0	0,52	17,4	26,0
Акробат МЦ, ВДГ (эталон)	3	2	0	0	0,8	0,86	15,1	27,0	0	0	0	0,1	5,0	13,2

Продолжение таблицы 2

Акробат МЦ, ВДГ (эталон) + ПАВ Нью Филм-17, КЭ. 0,2 л/га	0	2+0,2	0	0	0,5	0,72	13,4	22,4	0	0	0	0,05	4,4	10,8
НСР ₀₅			-	0,1	0,4	1,6	12,2	6,9	-	-	-	1,2	2,4	3,8

Биологическая эффективность при трехкратном применении препаратов Акробат МЦ, ВДГ (эталон) + Нью Филм-17,КЭ (96% ди 1-п-ментин) в концентрации 0,2 л/га составила против фитофтороза и альтернариоза 73,2 и 74,7% соответственно. Нью Филм-17,КЭ (96% ди 1-п-ментин) по эффективности против фитофтороза и альтернариоза превысил эталонный вариант на 3,2 и 3,5% соответственно (таблица 3).

Таблица 3 – Эффективность фунгицидов против альтернариоза и фитофтороза картофеля, сорт Лад, 2011–2012 гг. (среднее)

Вариант	Развитие болезней на 06.08, %		Биологическая эффективность, %		Урожайность, т/га	Прибавка урожая, т/га	Товарность, %	Хозяйственная эффективность, %
	фитофтороза	альтернариоза	фитофтороза	альтернариоза				
Контроль	50,0	17,4	-	-	42,66	-	89,0	-
Акробат МЦ, ВДГ – эталон	15,1	5,0	70,0	71,2	52,38	9,7	93,6	22,7
Акробат МЦ, ВДГ (эталон) + ПАВ Нью Филм-17, КЭ. 0,2 л/га	13,4	4,4	73,2	74,7	62,77	20,1	94,0	47,2
НСР ₀₅	12,2	2,4	-	-	7,0			

По урожайности статистически достоверная прибавка получена во всех опытных вариантах и составила при использовании Нью Филм-17, КЭ (96% ди 1-п-ментин) в норме расхода 0,2 л/га–7,0 т/га. Максимальная урожайность в опыте (62,77 т/га) получена при трехкратном применении – Нью Филм-17, КЭ (96% ди 1-п-ментин), что на 10,34 т/га выше по сравнению с применением эталона Акробат МЦ, ВДГ в концентрации 2 кг/га.

Хозяйственная эффективность Нью Филм-17, КЭ (96% ди 1-п-ментин) при норме расхода 0,2 л/га при трехкратном применении против фитофтороза и альтернариоза составила 47,2%, что выше, чем у препарата акробат МЦ, ВДГ (24,5%) (таблица 3).

Трехкратное применение препарата Нью Филм-17, КЭ (96% ди 1-п-ментин) в концентрации 0,2 л/га, Акробат МЦ, ВДГ (эталон) не оказало статистически значимого влияния на выход товарной фракции. Товарность урожая в исследуемых вариантах составила 94,0 и 93,6 % соответственно, что находится в пределах ошибки опыта.

Биологическая эффективность ПАВ Нью Филм-17, КЭ (96% ди 1-п-ментин) при трехкратном применении с нормой расхода 0,2 л/га по эффективности против фитофтороза и альтернариоза превысил эталонный вариант на 3,2 и 3,5% соответственно.

Таким образом, Нью-Филм, это ПАВ (поверхностно активное вещество), которое увеличивает срок действия фунгицидов, сокращает кратность обработок с 5–6 до 2–3!, что обеспечило положительный экономический эффект за счет снижения затрат на закупку фунгицидов.

Литература

1. Банадысев, С.А. Фитосанитарное состояние картофеля в Беларуси и пути его улучшения/ С.А. Банадысев, В.Г. Иванюк, Г.К. Журомский // Материалы международной юбилейной науч.-практ. конференции: науч.тр. – Минск, 2003. Ч.2. – С. 105–119.
2. Иванюк, В.Г. Защита картофеля от болезней, вредителей и сорняков / В.Г. Иванюк, С.А. Банадысев, Г.К. Журомский. – Минск: Белпринт, 2005. – 696 с.
3. Пляхневич, М.П. Современные методы прогноза развития фитофтороза картофеля / М.П. Пляхневич // Весці НАН Беларусі Серыя Аграрных Навук. – 2006.- №5. – С. 138-140.

**THE EFFICALY OF NEW FILM-17, IN THE PROTECTION OF
POTATO LATE BLIGHT AND EARLY BLIGHT**

GORENKO T.V., BUSKO I.I., MIKHALENYA O.N., MANSEVICH L.A.,
LEVANTSEVICH I.V., VAHERA S.M.

SUMMARY

This article presents the results of studying the effectiveness of surfactant New Film-17, EC, used in conjunction with a fungicide treatment for growing plants. On the basis of the investigations have studied biological and economic efficiency use of the preparation.

Key words: potato variety, surfactant, late blight, early blight, pathogen load fungicide.

Поступила в редакцию 31.05 2013 г.

УДК:635.21:632.488(476)

ГРИБЫ РОДА *FUSARIUM* ПАРАЗИТИРУЮЩИЕ НА КАРТОФЕЛЕ В УСЛОВИЯХ БЕЛАРУСИ**Михаленя О.Н., Ильяшенко Д.А., Бусько И.И.**

РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству», Беларусь

E-mail:olia1.87@mail.ru

РЕЗЮМЕ

Установлено, что в 2011–2012 годах в условиях Беларуси в патогенезе сухих гнилей клубней картофеля участвовали 11 видов грибов рода *Fusarium*. Самыми распространенными являлись подвиды *F. sambucinum* (*F. sambucinum* var. *sambucinum* и *F. sambucinum* var. *coeruleum*). Реже все встречались *F. nivale* var. *nivale*, *F. merismoides* var. *merismoides* и *F. ventricosum*. Виды *F. sambucinum* var. *coeruleum*, *F. sulphureum*, *F. coeruleum*, *F. merismoides* var. *merismoides*, *F. nivale* var. *nivale*, *F. ventricosum* описаны на картофеле в Республике впервые.

Ключевые слова: картофель, фузариоз, *Fusarium*, гриб.

ВВЕДЕНИЕ

Сухая фузариозная гниль клубней распространена повсеместно, где выращивается картофель. Ежегодно болезнь наносит существенный вред культуре и в Беларуси, учитывая ежегодно складывающиеся оптимальные условия для ее развития. Потери клубней при хранении в условиях республики составляют 7–11%, а при повышенной температуре и влажности могут достигать 50% [1]. В условиях постоянно возрастающих процессов механизации и интенсификации производства следует ожидать значительного увеличения и вреда от этой болезни. Посадочные клубни, пораженные заболеванием даже в небольшой степени и высаженные в почву, становятся причиной значительных выпадов растений и большого недобора урожая ежегодно.

Исследования отечественных и зарубежных авторов свидетельствуют о том, что на растениях картофеля паразитируют 13 видов грибов рода *Fusarium*, однако в Беларуси до настоящего момента возбудителями сухой фузариозной гнили картофеля считались лишь 7 из них: *F. sambucinum* Fuck., *F. gibbosum* App. et Wr. emend Bilai, *F. sambucinum* var. *minus* Wr., *F. culmorum* (W. G. Sm.) Sacc., *F. solani* (Mart.) App. et Wr., *F. avenaceum* (Fr.) Sacc. и *F. oxysporum* Schlecht. emend Snyd. et Hans. Самыми распространенными из них являлись *F. sambucinum* и его разновидность *F. sambucinum* var. *minus*. Частота их встречаемости в

больных клубнях составляла по литературным данным от 18,2 до 63,6%. Реже встречался *F. Culmorum* – в 13,0–15,4% случаев. Остальные перечисленные виды можно было выделить из 3,6–18,2% клубней, пораженных фузариозом [1].

Не все перечисленные виды являются обязательно патогенными по отношению к растениям картофеля. Часть из них, чаще всего, лишь «сопутствующие» микроорганизмы, представляющие собой вторичную инфекцию, завершающую разложение клубня. Достаточной агрессивностью по имеющимся данным по отношению к картофелю обладают виды *F. sambucinum*, *F. sambucinum* var. *minus* и *F. oxysporum*, поэтому именно они до настоящего времени активно используются при создании искусственного инфекционного фона для оценки селекционного материала картофеля по признаку устойчивости к сухой фузариозной гнили [1,2,3].

Однако фитопатологическая ситуация на картофеле ежегодно меняется. Глобальные климатические изменения, происходящие во всем мире, затронули и условия произрастания, формирования урожая сельскохозяйственных культур в Беларуси. Произошли существенные изменения в биологии многих микроорганизмов, в том числе играющих важную роль в агроценозах. Существующие негативные тенденции вновь требуют всестороннего изучения популяционных и биологических изменений важных фитопатогенных микроорганизмов. Прежде всего, это касается изменений видового разнообразия паразитов.

Целью нашей работы было изучение видового состава грибов рода *Fusarium* участвующих в патогенезе сухой гнили клубней картофеля и фузариозного увядания растений картофеля во время вегетации.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Исследования выполнены в отделе иммунитета и защиты картофеля РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству» в 2011–2012 гг.

Материалом для исследований служили: клубни и стебли картофеля различных сортов, чистые культуры возбудителей сухой фузариозной гнили.

Для выделения в чистую культуру грибов рода *Fusarium*, проводили сбор пораженного растительного материала картофеля из всех агроклиматических зон Беларуси.

Зараженный возбудителями сухих фузариозных гнилей материал был получен из следующих регионов республики:

- Минский район Минской области,
- Могилевский и Белыничский районы Могилевской области,
- Гомельский, Рогачевский и Речицкий районы Гомельской области,
- Кобринский, Пружанский районы Брестской области,
- Гродненский, Щучинский и Островецкий районы Гродненской области,

– Полоцкий, Верхнедвинский, Толочинский и Оршанский районы Витебской области (рисунок 1).

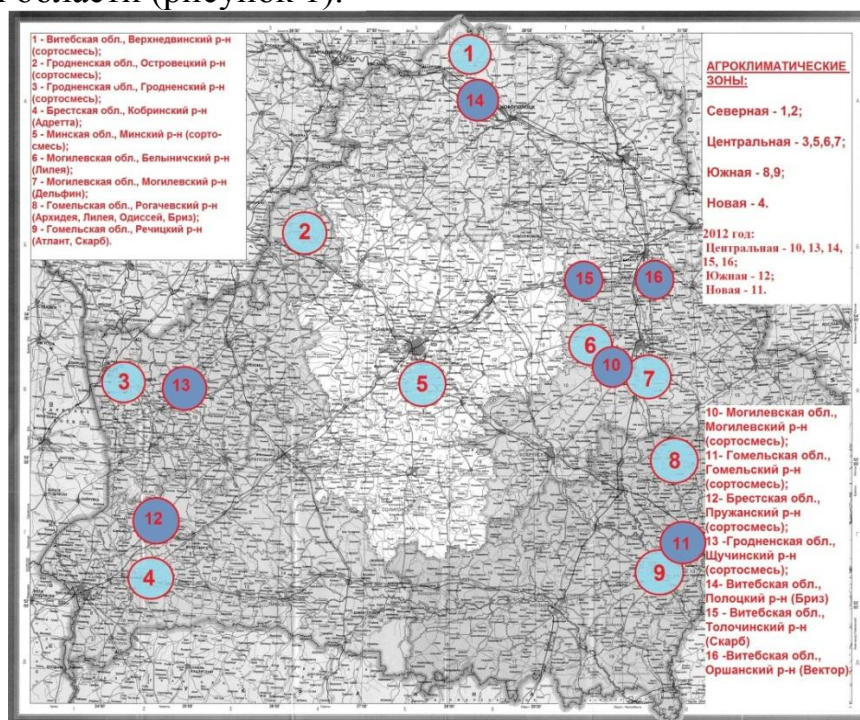


Рисунок 1 – Географическое расположение точек отбора пораженного фузариозами материала картофеля 2011–2012 гг. (номера 1–9 отобраны в 2011 году, 10–16 в 2012 году)

Географическое расположение точек отбора проб и их количество определяли в соответствии с современными представлениями о распределении агроклиматических зон на территории республики [4].

Изоляты патогенов получали из генотипически разнообразного материала картофеля, выращенного в условиях различных температур, влажности, почвенных разностей. Предположили, что они максимально представят белорусскую популяцию грибов-возбудителей сухих фузариозных гнилей картофеля.

Для выделения в чистую культуру отбирали материал с внешними признаками поражения грибами рода *Fusarium*. Клубни или участки стеблей тщательно отмывали под водопроводной водой для удаления остатков почвы и различных примесей. После этого, на границе здорового и пораженного участков ткани вырезали небольшие по размерам ломтики, которые на 30 секунд помещали в 50% раствор этилового спирта. Далее поверхность их промывали стерильной водой и просушивали между двумя дисками стерильной фильтровальной бумаги под нисходящими потоками воздуха в ламинарном боксе. После этого ломтики помещали в чашки Петри на картофельно-глюкозный агар (КГА) (по 3 в чашку). Через 3–4 суток на поверхности образцов ткани и питательной среды формировались хорошо заметные колонии грибов, которые отсевали в новые чашки.

За два года исследований (2011–2012 гг.) в чистую культуру было выделено 195 изолятов грибов, участвующих в патологическом процессе разложения растительной ткани картофеля по принципу «сухой» гнили.

Среди всего числа изолятов грибов лишь 94 (59,8%) отнесли к роду *Fusarium*. Из остальных идентифицированных культур в основном встречались представители родов *Phoma*, *Pythium*, *Colletotrichum*, *Alternaria* и *Geotrichum*. У основной части изолятов видовую идентификацию не проводили ввиду отсутствия принадлежности к изучаемому роду *Fusarium*.

Определение видовой принадлежности проводили по комплексу культуральных и морфологических признаков исследуемых изолятов. Систематическое положение грибов устанавливали с использованием атласа-определителя Gerlach and Nirenberg (1982) [5].

Для проведения видовой идентификации каждый анализируемый изолят высевали в 10 кратной повторности (10 чашек Петри) и инкубировали в течение некоторого определенного промежутка времени с целью получения хорошо видимой колонии гриба (не более 10 суток). Через установленный промежуток времени выращенные культуры патогена оценивали по следующим признакам:

– скорость роста колоний при 25 °С на КГА: медленно растущие (≤ 4 см за 10 суток), быстро растущие (4–8 см за 10 суток), очень быстро растущие (7–8 см до 5 суток);

- состояние и цвет воздушного мицелия;
- цвет субстрата;
- способность формировать склероции;
- время начала спороношения (микро– и макроконидии);
- запах культуры;
- форма и размеры конидиеносцев;
- форма и размеры конидий;
- наличие хламидоспор (форма, размеры).

Для изучения морфологических особенностей микроструктур грибов использовали микроскоп Leica DMLS (увеличение 100×, 400×, 1000×). Фотографии колоний делали с помощью фотоаппарата Canon PowerShot A590.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Согласно современным представлениям таксономическое положение изучаемых нами грибов следующее [6]:

- Царство: *Fungi*;
- Тип: *Ascomycota*;
- Класс: *Sordariomycetes*;
- Подкласс: *Hypocreomycetidae*;
- Отряд: *Hypocreales*;
- Семейство: *Nectriaceae*;

Род: *Fusarium*.

Помимо этого, семейство *Nectriaceae* по комплексу морфологических и культуральных признаков принято подразделять на 16 секций [5]:

- *Eupionnotes* Wollenw., 1913 [7];
- *Macroconia* Wollenw., 1926 [8];
- *Spicarioides* Wollenw. et al., 1925 [9];
- *Submicrocera* Wollenw., 1926 [8];
- *Pseudomicrocera* Wollenw., 1926 [8];
- *Arachnites* Wollenw., 1917 [10];
- *Sporotrichiella* Wollenw., 1913 [5];
- *Roseum* Wollenw., 1913 [11];
- *Arthrosporiella* Sherb., 1915 [12];
- *Gibbosum* Wollenw., 1913 [13];
- *Discolor* (*Fusarium*) Wollenw., 1913 [13];
- *Lateritium* Wollenw., 1917 [10];
- *Liseola* Wollenw. et al., 1925 [9];
- *Elegans* Wollenw., 1913 [7];
- *Martiella* Wollenw., 1913 [7];
- *Ventricosum* Wollenw., 1913 [7].

В результате проведенных исследований в условиях Беларуси в чистую культуру из пораженных сухими гнилями клубней и стеблей картофеля были выделены 11 видов грибов рода *Fusarium*, представляющих 7 секций семейства *Nectriaceae* [5]:

1 Вид:	<i>Fusarium</i>
	<i>sambucinum</i> Fuckel var. <i>sambucinum</i> Gerl, 1982.
Секция:	<i>Discolor</i> .
Синонимы:	<i>Fusarium sambucinum</i> Fuckel f. 2,3,4,5 Wollenw., 1931; <i>Fusarium sambucinum</i> Fuckel var. <i>minus</i> Wollenw, 1931.
Телеоморф:	<i>Gibberella pulicaris</i> (Fr. Ex. Fr.) Sacc. var. <i>pulicaris</i> , 1877.
	Колонии очень быстро растущие 10/ 5,7±1,0 (min 5; max 8), см/сут. Мицелий обильный. Цвет и форма у разных штаммов может варьировать. Как правило, войлочный, иногда с пучками. Белый, розовый или палево-коричневый. Способен формировать обильные, неровные, как правило, темно-коричневые склеротии. Без
Воздушный мицелий <i>Fusarium sambucinum</i> var. <i>sambucinum</i> на белом фоне.	



Пигментация питательной среды на белом фоне.



Макроконидии гриба.

запаха. Макроконидии образуются на воздушном мицелии. Конидии одинакового размера и формы, с толстыми стенками и четко выраженными 3–5 перегородками примерно одинакового размера, серповидные, с довольно короткой суживающейся апикальной клеткой. У базальной клетки имеется ярко выраженная ножка. Длина: $44,3 \pm 6,5$ мкм (min 34; max 64). Ширина: $6,0 \pm 0,8$ мкм (min 4; max 8). Хламидоспоры редкие, интеркалярные или терминальные, в гифах или конидиях, округлые или субокруглые, гладкие, одиночные, в парах, цепочках или гроздьях.

2 Вид:

Fusarium

sambucinum Fuckel var. *coeruleum* Wollenw., 1917.

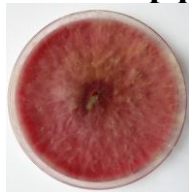
Discolor.

Fusarium sambucinum Fuckel f. 1 Wollenw, 1931.

Gibberella pulicaris (Fr. ex. Fr.) Sacc. var. *minor* Wollenw, 1931.

Очень быстрорастущие, $10/7,6 \pm 1,3$ (min 6; max 10), см/сут. Мицелий очень обильный. Цвет и форма у разных штаммов может варьировать. Как правило войлочный, иногда с пучками, может иметь концентрическую структуру. Белый, розовый, палево-коричневый, с возможными оттенками от темно красного до темно голубого. Формирует обильные, различные по размеру, темно-синие и темно-фиолетовые склероции. Спороношение начинается медленно на воздушном мицелии. Впоследствии обильное в спородохиях от розового до темно-лососевого цвета, сначала отдельно потом сливающиеся. Только макроконидии. Без запаха.

Телеоморф:



Воздушный мицелий *Fusarium sambucinum* var. *coeruleum* на белом фоне.



Пигментация питательной среды на белом фоне.



Макроконидии гриба.

Конидиеносцы как у *F. Sambucinum* var. *sambucinum* вначале появляются как единичные фиалиды на гифах, затем редко неравномерно ветвящиеся. Тесно расположены в пионнотах или спородохиях. Как правило, оканчиваются 2–4 одиночными цилиндрическими или субцилиндрическими фиалидами, размером 14–17/3,0–5,0 мкм. Конидии во многом похожи на *F. Sambucinum* var. *sambucinum* однако в некоторых случаях с более изогнутой верхней частью и ярко выраженной, немного суженой апикальной клеткой. Длина: $39,9 \pm 4,3$ мкм (min 30; max 48). Ширина: $6,3 \pm 0,6$ мкм (min 5; max 7). Обильные хламидиоспоры в интеркалярных гифах. Могут быть единичные, чаще в цепочках и пучках.

3 Вид:

Секция:

Синонимы:

Fusariumculmorum(W.G. Smith)
Sacc. var. *culmorum* Gerl., 1982.

Discolor.

Fusariumculmorum(W.G. Smith)
Sacc. var. *cerealis* (Cooke) Wollenw., 1931;

Fusarium discoloriformis Raillo, 1950;

Fusarium sambucinum Fuckel var. *cerealis* (Cooke) Raillo, 1950.

Телеоморф:



Воздушный мицелий *Fusariumculmorum* var. *culmorum* на белом фоне.



—
Очень быстрорастущие, 10/6,1±1,6 (min 4; max 9), см/сут. Мицелий очень обильный, войлочный, может быть мохнато-опушенный или плотный опушенный. Белого, желтовато-коричневого, от охряного до розового, красновато-коричневого, палево-карминного цветов. Не способен формировать склероции. Спороношение начинается быстро в воздушном мицелии в виде мучнистого налета. В более поздних культурах спиродохии хорошо просматриваются,

Пигментация
питательной среды на белом
фоне.



Макроконидии гриба.

часто сливающиеся, светло-лососевые, светло-коричневые, красно-коричневые. Культура без запаха. Конидиеносцы сначала появляются в виде единичных латеральных фиалид на гифах, позднее более тесных в спиродохиях, разветвляющихся неравномерно. Формируются всегда как монофиалиды, в основном компактно, субцилиндрические, бочковидные, обратно булавовидные. Преимущественно 14–18 мкм длиной и 3,5–5,0 мкм шириной, с ярко выраженным «воротничком». Образует только макроконидии. Помимо 3–9 встречаются и 0–2 клеточные. Широкий диапазон размеров: от узких и длинных, до коротких и толстых. Септирование у конидий ярко выражено. Они серповидные, слегка изогнуты, дорсовентрально сильнее, постепенно или резко суживающиеся к обоим концам. С довольно короткой субтерминальной часто довольно узкой, часто очень маленькой апикальной клеткой. У базальной клетки «ножка» ярко выражена.

Длина: $34,5 \pm 11,2$ мкм (min 10; max 60).

Ширина: $6,3 \pm 1,9$ мкм (min 3; max 12).

Хламидиоспоры как правило редкие, интеркалярные, в гифах. Бывают в конидиях. От круглых до овальных, единичные, в цепочках, парах или гроздьях, толстостенные, часто коричневые.

4 Вид:

Fusarium sulphureum Schlecht, 1824.

Секция:

Discolor.

Синонимы:

Fusarium sambucinum Fuckel f. 6 Wollenw., 1931;

Fusarium sambucinum f. 3 Raillo, 1950;

Fusarium

Телеоморф:



Воздушный мицелий *Fusarium sulphureum* на белом фоне.



Пигментация питательной среды на белом фоне.



Макроконидии гриба.

trichothecioides Wollenw., 1912;

Fusarium sambucinum Fuckel var. *trichothecioides* (Wollenw.) Bilai, 1955;

Fusarium tuberivorum Wilcox & Link, 1913.

Gibberellacyanogena (Desm.) Sacc, 1883.

Колонии быстрорастущие, $10 / 7,2 \pm 2,2$ (min 5; max 10), см/сут. Мицелий вначале довольно обильный, слегка войлочный. Впоследствии становится как бы посыпанным порошком или слизистым из-за развития конидиальной массы. Преимущественно белый. Склероции не обильные или не образуются. Если образуются то блеклые, охряные или коричневые. Спороношение начинается очень быстро. В течение нескольких дней масса конидий формируется в мицелии, на большой площади. Как правило, слизистая, кремовая, розоватая, светло лососевая и оранжевая, при подсушивании коричневая. Образует только макроконидии. Культура без запаха. Конидиеносцы и фиалиды как у *F. sambucinum*. вначале появляются как единичные фиалиды на гифах, затем редко неравномерно ветвящиеся. Тесно расположены в пионнотах или спородохиях. Как правило, оканчиваются 2–4 одиночными цилиндрическими или субцилиндрическими фиалидами, размером $14-18 / 3,0-4,0$ мкм. Помимо многоклеточных могут формироваться 0-2 клеточные конидии. По форме и разнообразию схожи с конидиями у *F. sambucinum* однако имеют менее заостренный апикальный конец (более округлые) и менее выраженную ножку у базальной клетки.

Длина: $30,6 \pm 7,4$ мкм (min 24; max 42).

Ширина: $5,9 \pm 1,0$ мкм (min 2; max 8).

Хламидоспоры редкие, интеркалярные или терминальные, в гифах или конидиях, округлые или субокруглые, гладкие, одиночные, в парах, цепочках или пучках.

5 Вид:

Fusariumcoeruleum(Libert) Sacc., 1886.

Секция:

Martiella.

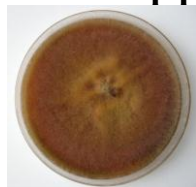
Синонимы:

Fusariumsolani (Mart.) Sacc. var. *coeruleum* (Libert) Bilai, 1955;

Fusarium solani (Mart.) Sacc. var. *coeruleum* (Sacc.) C. Booth, 1971.

Телеоморф:

Hypomycesasclepiadis Zerova, 1937.



Воздушный мицелий *Fusariumcoeruleum* на белом фоне.



Пигментация питательной среды на белом фоне.



Макроконидии гриба.

Колонии в основном очень быстрорастущие,

$10 / 6,0 \pm 1,5$ (min 4; max 10). Мицелий войлочный, бледно-розовый, янтарный, светло-коричневый, от серо-фиолетового до голубоватого. Цвет субстрата сильно варьирует. Бледный, янтарный, палевый, серо-фиолетовый, голубовато-пурпурный. Не образует склероции. Спороношение начинается быстро в воздушном мицелии, обильное. Формирует массы конидий в спородохиях или пионнотах, кремовые, янтарные, серо-фиолетовые. Культура без запаха. Конидиеносцы вначале появляются одиночные или ветвящиеся латеральные фиалиды на гифах, затем они плотно формируются в спородохиях или пионнотах, сильно ветвятся.

Фиалиды монофиалидического типа, с ярко выраженным «воротничком», почти цилиндрические, довольно тонкие 12–36 мкм толщиной и 2,5–4 мкм шириной. Присутствуют микроконидии в небольшом количестве. Слегка

изогнутые.

Длина: $14,0 \pm 3,4$ мкм (min 6; max 20).

Ширина: $4,2 \pm 1,2$ мкм (min 2; max 6).

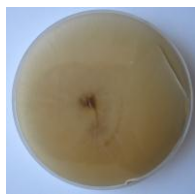
Макроконидии субцилиндрические, слегка изогнуты, с конической, скошенной, притупленной апикальной клеткой и тупоконечной базальной клеткой без ярко выраженной «ножки». Часто клетки макроконидий просматриваются недостаточно четко.

Длина: $39,4 \pm 7,1$ мкм (min 24; max 48).

Ширина: $5,4 \pm 0,8$ мкм (min 4; max 8). Хламидоспоры терминальные и интеркалярные, достаточно обильно формируются в гифах и конидиях, округлые, толстостенные, одиночные, в парах, цепочках или гроздьях.

6	Вид:	<i>Fusarium solani</i> (Mart.) Sacc.
	Секция:	<i>var. solani</i> Gerl., 1982.
	Синонимы:	<i>Martiella</i> . <i>Fusarium solani</i> (Mart.) Appel & Wollenw., 1910; <i>Fusarium solani</i> (Mart.) Appel & Wollenw. var. <i>minus</i> Wollenw., 1917; <i>Fusarium solani</i> Appel & Wollenw. var. <i>striatum</i> (Sherb.) Wollenw., 1931; <i>Fusarium solani</i> Appel & Wollenw. var. <i>martii</i> (Appel & Wollenw.) Wollenw., 1931; <i>Fusarium solani</i> Appel & Wollenw. var. <i>aduncisporum</i> (Weimer & Barter) Wollenw., 1931; <i>Fusarium solani</i> (Mart.) Sacc. emend. Snyder & Hansen, 1941. <i>Nectria haematococca</i> Berk. & Br. var. <i>brevicon</i> (Wollenw.) Gerl., 1981; <i>Hypomyces haematococcus</i> Berk. & Br. (Wollenw.) var. <i>breviconus</i> Wollenw., 1930; <i>Hypomyces haematococcus</i> Berk. & Br. (Wollenw.) var. <i>cancr</i> (Rutgers)
	Телеоморф:	
		
	Воздушный мицелий <i>Fusarium solani</i> var.	

solanina на белом фоне.



Пигментация питательной среды на белом фоне.



Макроконидии гриба.

Wollenw., 1931.

Колонии гриба быстро растущие, $9,8 \pm 2,3 / 10$ (min 9; max 10). Мицелий довольно рассеянный, деликатный, войлочный, четко разделяется на зоны. Кремового, палевого, янтарного, серо-зеленого, медного цветов. Цвет субстрата кремовый, палевый, с медными и коричневыми тяжами. Не способен формировать склероции. Спороношение начинается быстро в воздушном мицелии. В виде микроконидий собирающихся в фальшивые головки. В дальнейшем в кремовых или коричневых спородохиях или пионнотах формирует массу макроконидий. Культура без запаха. Первичные конидиеносцы прорастают латерально из гиф воздушного мицелия. Без ответвлений. Впоследствии ветвятся редко. Вторичные конидиеносцы формируются плотно в спородохиях и пионнотах. Разветвленные. Фиалиды с ярко выраженным «воротничком». Продуцирующие микроконидии более длинные и тонкие (до 40 мкм длиной, до 4 мкм шириной), макроконидии – короткие, более округлые по форме, субцилиндрические (до 320 мкм длиной и до 6 мкм шириной). Микроконидии овальные, эллипсоидные, субцилиндрические.

Длина: $12,7 \pm 4,7$ мкм (min 6; max 20).

Ширина: $3,5 \pm 1,6$ мкм (min 3; max 6).

Макроконидии толстостенные, субцилиндрические, слегка изогнуты, с короткой, притупленной апикальной клеткой. У базальной клетки «ножка» выражена слабо.

Длина: $34,6 \pm 12,1$ мкм (min 18; max 52).

Ширина: $3,6 \pm 2,2$ мкм (min 4;

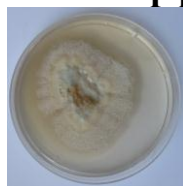
7

Вид:

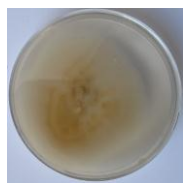
Секция:

Синонимы:

Телеоморф:



Воздушный мицелий *Fusarium merismoides* var. *merismoides* на белом фоне.



Пигментация питательной среды на белом фоне.



Макроконидии гриба.

мах 6). Хламидоспоры достаточно обильные. Терминальные и интеркалярные. В гифах и конидиях. В основном гладкостенные, встречаются с неровными стенками (бородавчатые). Округлые или субокруглые. Одиночные, в парах, цепочках и гроздьях.

Fusarium merismoides

(Corda) var. *merismoides* Gerl., 1982.

Eupionnotes.

—

—

Колонии медленно растущие, $4,5 \pm 1,4/10$ (min 3; max 6). Мицелий редкий, паутинистый, немного вдавленный, формирует строму, морщинистый, с выделенной центральной зоной, окруженной слизистой областью, белый, розоватый. Субстрат кремового, персикового, розоватого и лососевого цветов. Спороношение начинается быстро. Масса конидий покрывает поверхность субстрата в виде липких пионнотальных слоев. Культура без запаха. Конидиеносцы вначале как единичные латеральные фиалиды на гифах. Позже собираются в пионноты, неравномерно ветвятся, часто состоят из базальной клетки и кластера фиалид. Фиалиды монофиалидического типа, цилиндрические. Длинные и тонкие (длина 10-36 мкм, ширина 2-4 мкм). Формирует только макроконидии. Цилиндрические, веретеновидные, прямые или слегка изогнутые. Апикальная клетка прямая или слегка изогнута, округлая, иногда заостренная. Базальная клетка слегка сужена. Без ярко выраженной «ножки».

Длина: $41,3 \pm 4,9$ мкм (min 36; max 49).

Ширина: $3,9 \pm 1,2$ мкм (min 3; max 6). Хламидоспоры отсутствуют.

8

Вид:

Fusarium avenaceum (Fr.) Sacc.
var.avenaceum Gerl., 1982.

Секция:

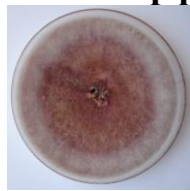
Roseum.

Синонимы:

—

Телеоморф:

Gibberella avenacea R.J. Cook,
1967.



Воздушный мицелий
Fusarium avenaceum var. *avenaceum* на белом фоне.



Пигментация
питательной среды на белом
фоне.



Вторичные
макроконидии гриба.

Колонии Быстрорастущие, 10/7,8 ± 0,6 (min 6; max 8). Мицелий обильный, войлочный рыхлый или хлопковый, белый с возможной примесью розового. Цвет субстрата кремовый, розовый, карминный, может быть с желтоватым или охряным оттенком. Со временем становится насыщенно красным, красно-коричневым или коричневым. Склеротии маленькие, внешне напоминают цветную капусту, светло-коричневые, голубоватые или голубовато-черные. Спороношение начинается на 6-7 сутки на воздушном мицелии в виде одиночных конидий или в головках. Позднее в светло-коричневых, оранжевых спородохиях. Культура без запаха. Первичные конидиеносцы появляются латерально на воздушном мицелии, довольно редко и неравномерно ветвятся. Вторичные конидиеносцы большие числом и имеют более плотное ветвление. Клетки, формирующие конидии тонкие, субцилиндрические длиной 10–30 мкм, шириной 2–3 мкм. Формирующиеся на первичных конидиеносцах более округлые, более короткие, в основном 1–3 септированные. На вторичных конидиеносцах формируются серповидные конидии, иногда сильно иногда слабо изогнуты, тонкие, утолщенные в верхней трети, с вытянутой, элегантно изогнутой, заостренной апикальной клеткой. Базальная клетка с ярко выраженной «ножкой». В основном 5–7 клеточные.

Длина: 46,3 ± 16,3 мкм (min 12;

max 72).

Ширина: $3,8 \pm 1,1$ мкм (min 2; max 5). Хламидоспоры не образуются.

9

Вид:

Fusarium oxysporum Schlecht.
var. *oxysporum* Gerl., 1982.

Секция:

Elegans.

Синонимы:

Fusarium bulbigenum Cooke & Mass
ee, 1887;

Fusarium vasinfectum Atkinson,
1892;

Fusarium tracheiphilum E.F. Smith,
1899;

Fusarium dianthi Prill. & Delacr.,
1899;

Fusarium lini Bolley, 1902;

Fusarium orthoceras Appel & Wollenw., 1910;

Fusarium conglutinans Wollenw.,
1913;

Fusarium angustum Sherb., 1915;

Fusarium bostrycoides Wollenw.
& Reinking, 1925.

Телеоморф:



Воздушный мицелий
Fusarium oxysporum var.
oxysporum на белом фоне.



Пигментация
питательной среды на белом
фоне.



Макроконидии гриба.

-
Колонии Быстрорастущие, $10 / 8,2 \pm 0,9$ (min 7; max 10). Мицелий обильный, деликатный, не разбросанный, опушенный, может быть войлочный, паутинистый. Белый, кремовый, иногда с красноватым или фиолетовым оттенком. Цвет субстрата палевый, лососевый, розовый, пурпурный, винный. Склероции обильные, редкие или отсутствуют. Различных размеров, от округлых до субокруглых, палевые, коричневые, зеленовато голубые, фиолетовые. Спороношение начинается быстро в воздушном мицелии. Микроконидии слипающиеся в ложные головки, никогда не формируют цепочек. Макроконидии вначале одиночно разбросанные, затем формирующиеся в палевых, лососевых, светло оранжевых пустуловидных образованиях, округлых

спородохиях или пионнотальной слизи. Культура без запаха. Вначале формируются как короткие, одиночные, латеральные фиалиды на гифах или плотно ветвящиеся на воздушном мицелии. Затем в спородохиях и пионнотах, плотные, вертикально или нерегулярно ветвящиеся. Фиалиды монофиалидического типа, субцилиндрические, длиной 10–14 мкм, шириной 2–5 мкм. Микроконидии 1- или 2-х клеточные, цилиндрические или эллипсоидные, могут слегка изгибаться.

Длина: $8,4 \pm 4,4$ мкм (min 6; max 17).

Ширина: $3,2 \pm 1,2$ мкм (min 2; max 6).

Макроконидии серповидные, как правило умеренно изогнуты, субцилиндрические, одинаково и постепенно сужаются к обоим концам. С заостренной, слегка крючковидной апикальной клеткой, и в основном хорошо заметной «ножкой» базальной клетки.

Длина: $46,5 \pm 13,4$ мкм (min 18; max 68).

Ширина: $4,6 \pm 2,2$ мкм (min 3; max 6). Хламидоспоры Обильные, в гифах и конидиях. Терминальные или интеркалярные, толстостенные, от округлых до субокруглых, единичные, в парах, цепочках или пучках.

10

Вид:

Fusariumnivale Ces. exSacc.
var. nivale Gerl., 1982.

Секция:

Arachnites.

Синонимы:

Monographellanivalis (Schaffnit) E. Muller, 1977;

Calonectrianivalis Schaffnit, 1913;

Griphosphaerianivalis (Schaffnit)

E. Muller & v. Arx, 1955;

Micronectriellanivalis (Schaffnit) C.

Booth, 1971;

Calonectriagraminicola (Berk. &

Br.) Wollenw., 1913.

-

Колонии медленно растущие, $5,1 \pm 2,2 / 10$ (min 4; max 7). Мицелий неплотный, деликатный, паутинистый, войлочный, белый, розовый. Цвет субстрата белый, палево-розовый, персиковый, абрикосовый. Не способен образовывать склеротии. Культура без запаха. Конидиеносцы появляются на гифах в виде одиночных или ветвящихся аннелид. Формируются не фиалиды а аннелиды, в основном субцилиндрические, конусовидные, длиной до 16 мкм, шириной до 3 мкм. Конидии в основном серповидные, более или менее изогнуты. Сужены к обоим концам. У базальной клетки «ножка» едва заметна.

Длина: $26,7 \pm 3,7$ мкм (min 12; max 36).

Ширина: $3,1 \pm 1,2$ мкм (min 2; max 5). Хламидоспор нет.

Fusarium ventricosum Appel & Wollenw., 1910.

Ventricosum.

Fusarium cuneiforme Sherb., 1915;

Fusarium solani (Mart.) Appel & Wollenw. var. *ventricosum* (Appel & Wollenw) Joffe, 1974;

Fusarium solani (Mart.) Appel & Wollenw. var. *argillaceum* (Fr.) Bilai, 1955.

Nectria ventricosa C. Booth, 1971;

Hypomyces solani Reinke & Berth., 1879;

Hyponectriasolani (Reinke & Berth.) Fetch, 1937;

Nectriopsis solani (Reinke & Berth.) C. Booth, 1960.

Колонии медленно растущие, $4,4 \pm 1,2 / 10$ (min 3; max 6). Мицелий довольно редкий. Опушенный или войлочный. Палево-охряный. Цвет субстрата беловатый, бледно серый,

Телеоморф:



Воздушный мицелий *Fusarium nivale* var. *nivalena* на белом фоне.



Пигментация питательной среды на белом фоне.



Макроконидии гриба.

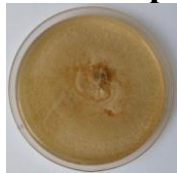
1

Вид:

Секция:

Синонимы:

Телеоморф:



Воздушный мицелий *Fusarium ventricosum* на белом фоне.



Пигментация питательной среды на белом фоне.



Макроконидии гриба.

коричневый. Не формирует склероции. Спороношение довольно редкое. Начинается в течение нескольких дней в виде микроконидий, собранных иногда в фальшивые головки. Собираются в образования видимые на поверхности культуры, палево-кремовые. Культура без запаха. Конидиеносцы образуются в воздушном мицелии, первичные без ответвлений, септированные, с верхушечной фиалидой. Иногда длиннее 100 мкм. Фиалиды монофиалидического типа, почти цилиндрические, сужаются по отношению к концу, очень длинные и тонкие. Длинной 30–60 мкм и шириной 2–3 мкм. Иногда с ярко выраженным «воротничком». Конидии почти прямые. Слегка изогнуты. Клиновидные, чаще всего немного шире в центральной части, но иногда шире у основания. Апикальная клетка притупленная, округлая на конце. Базальная клетка без ярко выраженной «ножки».

Длина: $31,3 \pm 8,9$ мкм (min 18; max 42).

Ширина: $5,9 \pm 1,4$ мкм (min 4; max 8). Хламидоспоры одиночные, в парах, цепочках. Интеркалярные и терминальные. В гифах и конидиях.

Среди выделенных видов 5 (*F. avenaceum* var. *avenaceum*, *F. sambucinum* var. *sambucinum*, *F. culmorum* var. *culmorum*, *F. solani* var. *solani*, *F. oxysporum* var. *oxysporum*) ранее встречались на территории Беларуси 6 (*F. sambucinum* var. *coeruleum*, *F. sulphureum*, *F. coeruleum*, *F. merismoides* var. *merismoides*, *F. nivale* var. *nivale*, *F. ventricosum*) описаны на картофеле в Республике Беларусь впервые. Перечисленные новые для наших условий виды известны во всем мире как опасные патогены картофеля за исключением гриба *F. nivale* var. *nivale*, который является хорошо известным возбудителем фузариозных гнилей зерновых (снежная плесень), но для картофеля гриб-возбудитель новый и, предположительно, выступал здесь в качестве сопутствующего микроорганизма.

Самыми распространенными были разновидности *F. sambucinum*, которые в большом количестве встречались практически во всех регионах Беларуси. Так в Южной зоне частота встречаемости гриба *F. sambucinum* var. *sambucinum* составила 52,4%, а гриба *F. sambucinum* var. *coeruleum* в Северной зоне – 28,6%. Являясь, как и все фузарии, космополитами эта группа грибов является, пожалуй, самой распространенной в мире и имеет самый широкий спектр растений хозяев. Подвиды *F. sambucinum* причастны ко многим болезням сельскохозяйственных растений, проявляющихся в виде некрозов, увяданий, сухих гнилей [14].

В достаточно большом количестве из клубней выделяли *F. culmorum* var. *culmorum* и *F. Sulphureum* – также широко распространенные паразиты клубней, вызывающие большие потери при хранении урожая и, особенно, при комплексном поражении с *F. sambucinum*. Частота их встречаемости колебалась от 14,3 до 42,8% в зависимости от региона.

Что касается видов *F. nivale* var. *nivale*, *F. merismoides* var. *merismoides* и *F. ventricosum*, то число полученных за имеющийся промежуток времени изолятов этих грибов было крайне незначительным. Отмечены единичные случаи их проявления на клубнях картофеля. Для гриба *F. nivale* var. *nivale* существуют сомнения в его способности поражать клубни картофеля и вызывать поражения в виде сухих гнилей. Если первые представители рода *Fusarium* являются хорошо известными паразитами картофеля, как у нас, так и за рубежом, то *F. nivale* var. *nivale*, как указывалось ранее, является опасным возбудителем «снежной плесени» зерновых и вообще не ассоциируется с живой тканью культивируемых растений картофеля.

В результате изучения видового состава грибов рода *Fusarium* паразитирующих на надземных частях растений картофеля установлено, что в условиях Центральной агроклиматической зоны Беларуси фузариозное увядание стеблей способны вызывать 3 вида грибов: *F. sulphureum*, *F. culmorum* var. *culmorum* и *F. solanivar. solani*. Частота их встречаемости варьирует в зависимости от региона произрастания культуры. Так в Минском районе паразитировали все три вида. Чаще всего можно было встретить *F. solanivar. solani* и *F. culmorum* var. *culmorum* – в 45,5 и 45,4% случаев соответственно. В Гродненском районе вид *F. sulphureum* на стеблях отсутствовал, здесь, как и в Минском районе, доминировал *F. solanivar. Solani* –. Этот гриб встречался в 60 % случаев увядания (таблица 1).

Таблица 1 – Частота встречаемости грибов рода *Fusarium* на стеблях в условиях Центральной агроклиматической зоны, %, 2011 г.

Вид	Минский район	Гродненский район
<i>F. sulphureum</i>	9,1	0
<i>F. culmorum</i> var. <i>culmorum</i>	45,4	40,0
<i>F. solanivar. solani</i>	45,5	60,0

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В условиях Беларуси в патогенезе сухих гнилей клубней картофеля участвуют 11 видов грибов рода *Fusarium*: *F. sambucinum* var. *sambucinum*, *F. sambucinum* var. *coeruleum*, *F. culmorum* var. *culmorum*, *F. sulphureum*, *F. coeruleum*, *F. solanivar. solani*, *F. merismoides* var. *merismoides*, *F. avenaceum* var. *avenaceum*, *F. oxysporum* var. *oxysporum*, *F. nivale* var. *nivale* и *F. ventricosum*. Виды *F. sambucinum* var. *coeruleum*, *F. sulphureum*, *F. coeruleum*, *F. merismoides* var. *merismoides*, *F. ventricosum* описаны на картофеле в Республике Беларусь впервые.

В повреждении надземных частей растений по типу увядания участвуют 3 вида грибов рода *Fusarium*: *F. sulphureum*, *F. culmorum* var. *culmorum* и *F. solanivar. solani*. Частота их встречаемости варьирует в зависимости от региона произрастания культуры. В Минском районе паразитировали все три вида. Чаще всего встречались *F. solanivar. solani* и *F. culmorum* var. *culmorum* – в 45,5 и 45,4% случаев соответственно. В Гродненском районе вид *F. sulphureum* на стеблях отсутствовал, *F. solanivar. Solani* встречался в 60% случаев увядания.

Среди грибов рода *Fusarium* паразитирующих на растениях картофеля самыми распространенными в Республике Беларусь являются подвиды *F. sambucinum* (*F. sambucinum* var. *sambucinum* и *F. sambucinum* var. *coeruleum*). Реже всего можно встретить *F. merismoides* var. *merismoides* и *F. ventricosum*.

Распределение возбудителей сухих фузариозных гнилей по Республике неравномерно. Больше всего видов было представлено в Центральной агроклиматической зоне – 10 (*F. sambucinum* var. *sambucinum*, *F. sambucinum* var. *coeruleum*, *F. culmorum* var. *culmorum*, *F. sulphureum*, *F. coeruleum*, *F. solanivar. solani*, *F. merismoides* var. *merismoides*, *F. avenaceum* var. *avenaceum*, *F. oxysporum* var. *oxysporum*, *F. ventricosum*), меньше всего в Новой агроклиматической зоне в южных районах Брестской и Гомельской областей – 1 (*F. coeruleum*).

Литература

1. Иванюк, В.Г. Защита картофеля от болезней, вредителей и сорняков / В.Г. Иванюк, С.А. Банадысев, Г.К. Журомский – Мн., Белпринт, 2005, - 696с.
2. Ильяшенко, Д.А. Методические указания по оценке картофеля на устойчивость к клубневым гнилям / Д.А. Ильяшенко [и др.]; РУП «Науч.-практ. центр НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству». – Самохваловичи, 2010. – 52 с.
3. Cullen, D.W. Use of quantitative molecular diagnostic assays to investigate *Fusarium* dry rot in potato stocks and soil / D.W. Cullen, I.K. Toth, Y. Pitkin [et al.] // *Phytopathology*. – 2005. – N 95, p. 1462-1471.

4. Мельник, В. И. Влияние климата на агроклиматические ресурсы Полесья / В. И. Мельник, Е. В. Комаровская // Европейское Полесье – хозяйственная значимость и экологические риски. – Минск: Минсктиппроект, 2007. С. 221-225.
5. Gerlach, W. The Genus *Fusarium* – a Pictorial Atlas / W. Gerlach, H. Nirenberg – Mitt. Biol. Bund. Land-Forst. 209, 1982. – 406 p. (Изд-во: Kommissionsverlag Paul Parey, Berlin und Hamburg Liridenstrafie 44-47, Берлин).
6. <http://www.speciesfungorum.org/Names/fundic.asp> (Dictionary of the fungi).
7. Wollenweber, H.W. Studies on the *Fusarium* problem / H.W. Wollenweber // Phytopathology. – N3. – 1913. – P. 24–50.
8. Wollenweber, H.W. Pyrenomyceten-Studien. II. / H.W. Wollenweber // Angewandte Botanik. – N8. – 1926. – P. 168–202.
9. Wollenweber, H.W. Fundamentals for taxonomic studies of *Fusarium* // H.W. Wollenweber, C.D. Sherbakoff [et al.] / Journal of agricultural research, N30. – 1925. – P. 833–843.
10. Wollenweber, H.W. *Fusaria* autographice delineate // H.W. Wollenweber / Annals of Mycology. – N15. – 1917. – P. 1–56.
11. Wollenweber, H.W. Studies on the *Fusarium* problem / H.W. Wollenweber // Phytopathology. – N3. – 1913. – P. 32.
12. Sherbakoff, C.D. *Fusaria* of potatoes // C.D. Sherbakoff / Memory of Cornell University agricultural Experimental Station. – N6. – 1915. – P. 87-270.
13. Wollenweber, H.W. Studies on the *Fusarium* problem / H.W. Wollenweber // Phytopathology. – N3. – 1913. – P. 31.
14. Билай, В.И. Фузарии // В.И. Билай – Киев: Наукова думка, 1977. – 442 с.

FUSARIUM SPECIES PARASITIC ON POTATO IN BELARUS

MIKHALENYA O.N., ILYASHENKA D.A., BUSKO I.I.

SUMMARY

*This article presents the results of a study of the species composition of fungi of the genus *Fusarium* parasitic on potato tubers. Found that in the case of Belarus, in the pathogenesis of dry rot of potato tubers involves 11 species of fungi of the genus *Fusarium*: *F. sambucinum* var. *sambucinum*, *F. sambucinum* var. *coeruleum*, *F. culmorum* var. *culmorum*, *F. sulphureum*, *F. coeruleum*, *F. solani* var. *solani*, *F. merismoides* var. *merismoides*, *F. avenaceum* var. *avenaceum*, *F. oxysporum* var. *oxysporum*, *F. nivale* var. *nivaleu* *F. ventricosum*.*

Key words: potatoes, fusariosis, *Fusarium*, the fungus.

Поступила в редакцию 05.11.2013 г.

УДК 632.4.01/08

ВЛИЯНИЕ НЕКОТОРЫХ ПЕСТИЦИДОВ НА РОСТ И ОБРАЗОВАНИЕ ООСПОР IN VITRO ООМИЦЕТОМ PHYTOPHTHORA INFESTANS (MONT.) DE BARY

Мыца Е.Д., Побединская М.А., Еланский С.Н.

Московский Государственный Университет имени М.В.Ломоносова, Биологический факультет.

E-mail: elansky@yahoo.com

РЕЗЮМЕ

*Исследовано влияние не зарегистрированных против фитофтороза, но применяемых на картофеле пестицидов (фунгицидов Максим и Скор, инсектицидов Актара и Танрек, гербицида Зенкор) на скорость радиального прироста колоний *Phytophthora infestans* и образование ооспор парами штаммов разного типа спаривания при скрещивании в агаризованной овсяной среде.*

Статистически достоверное подавление скорости радиального прироста показал только фунгицид Максим. Рост штаммов в присутствии других исследованных пестицидов не имел существенных отличий от контроля.

Все исследованные препараты, за исключением Актары, показали статистически достоверное подавление образования ооспор. Наиболее сильное ингибирующее влияние было выявлено у Максима и Скора, однако Скор в малых концентрациях (около 1 мкг/мл по дифеноконазолу), наоборот, стимулировал ооспорообразование.

Ключевые слова: *Phytophthora infestans*, образование ооспор, фитофтороз картофеля, устойчивость к фунгицидам.

ВВЕДЕНИЕ

Фитофтороз картофеля, вызываемый грибоподобным организмом – оомицетом *Phytophthora infestans* (Mont) de Bary – распространён практически во всех картофелеводческих районах России и повсеместно в Беларуси. При сильном поражении потери урожая могут достигать 30% и более (Иванюк и др, 2005).

P. infestans способен образовывать толстостенные половые покоящиеся структуры – ооспоры. Единичные ооспоры могут образовываться в пораженной ткани отдельными изолятами, однако интенсивное их образование наблюдается при встрече штаммов разных типов спаривания. Образование ооспор в полевых условиях в разных органах картофеля и томата отмечено во многих странах мира: в России

(Смирнов, Еланский, 1999), в Норвегии (Hermansen et al., 2002), в Швеции (Strömberg et al., 2001), в Нидерландах (Kessel et al., 2002) и в других регионах. Наряду с пораженными семенными и перезимовавшими клубнями ооспоры – один из основных источников первичного инокулюма. Ооспоры могут сохраняться в почве в течение нескольких лет и вызывать заражения растений. Наиболее интенсивно заражение происходит в течение двух сезонов после уборки картофеля, но может происходить и позже. В Норвегии ооспоры выживали в почве в течение 31 месяца (Bødker et al., 2006), в Московской области (Багирова и др., 1998, Уланова и др., 2010) и в Финляндии (Lehtinen, 2002) ооспоры перезимовывали и вызывали заражение растений. Ооспоры могут длительное время сохраняться и в семенах томата (Rubin et al., 2001). Образующиеся в результате скрещивания гибридные ооспоры способствуют повышению генотипического разнообразия в популяции, вследствие чего ускоряется процесс адаптации штаммов к новым сортам и фунгицидам.

Основной метод борьбы с фитофторозом – химическая защита, заключающаяся в обработках посадок фунгицидными препаратами. Известно, что противифитофторозные препараты в сублетальных концентрациях снижают интенсивность образования и жизнеспособность ооспор в опытах *in vivo* и *in vitro* (Kessel et al., 2002). В нашей работе впервые изучено влияние на образование ооспор пестицидов, применяемых на картофеле, но незарегистрированных для обработок против фитофтороза.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

В работе исследовано влияние на радиальный прирост мицелия и образование ооспор фунгицидов Максим и Скор, инсектицидов Актара и Танрек, гербицида Зенкор (таблица 1).

Таблица 1 – Использованные в работе препараты и их действующие вещества

Название препарата	Действующее вещество	Тип препарата
Скор	Дифеноконазол	Фунгицид
Максим	Флудиоксонил	Фунгицид
Актара	Тиаметоксам	Инсектицид
Танрек	Имидоклоприд	Инсектицид
Зенкор	Метрибузин	Гербицид

В опыте были использованы 9 штаммов *P. infestans*, выделенных из пораженных листьев картофеля в Московской (4 штамма) и Рязанской (5 штаммов) областях в 2012 году, 1 – из Ленинградской области, 2008 год, и 1 штамм, выделенный из плода томата в Марий Эл в 2007 году (таблица 2).

Таблица 2 – Штаммы, используемые в работе

Штамм	Тип спаривания	Растение-хозяин, место выделения, применение пестицидов в поле перед выделением
08ЛК 3	A1	Лист картофеля, первые очаги фитофтороза, без обработок пестицидами.
07ЙТП 40/1	A1	Плод томата, Марий Эл, г. Йошкар-Ола, частная делянка, без обработок пестицидами.
12МГРК 19	A1	Листья картофеля, сорт Санте, Московская область, Одинцовский р-он, тестовое поле ВНИИ фитопатологии, без обработок пестицидами.
12МГРК 25	A2	
12МГВК 15	A2	
12МГВК 55	A2	
12РКЛС8	A1	Листья картофеля, сорт Скарб, Рязанская обл., Касимовский р-н, коммерческие посадки картофеля, последняя обработка за 30 дней до сбора пораженных образцов.
12РКЛС15	A1	
12РКЛС20	A1	
12РКЛС47	A1	
12РКЛЯ15	A2	Лист картофеля, сорт Янка, Рязанская обл., Касимовский р-н, коммерческие посадки картофеля, последняя обработка за 30 дней до сбора пораженных образцов.

При росте на разных концентрациях флудиоксонила и метрибузина в скрещиваниях были использованы по 2 пары штаммов, на дифеноконазоле (+18°C), тиаметоксаме и имидоклоприде – по 4 пары, на дифеноконазоле (+25°C) – 6 пар штаммов (таблица 3).

Таблица 3 – Пары штаммов, используемых для скрещиваний

Действующее вещество, используемое в тестах по скрещиванию	Скрещиваемые пары штаммов
Флудиоксонил, Метрибузин	12МГРК25 х 1МГРК19; 12МГРК25 х 07ЙТП40/1
Дифеноконазол +18°C, Имидоклоприд, Тиаметоксам	12МГРК25 х 12РКЛС8; 12МГРК25 х 12РКЛС47; 08ЛК3 х 12РКЛЯ15; 08ЛК3 х 12МГВК15
Дифеноконазол +25°C	12 РКЛЯ15 х 08ЛК3; 12МГВК55 х 08ЛК3; 12МГВК15 х 08ЛК3; 12РКЛС20 х 12МГРК25; 12 РКЛС15 х 12МГРК25; 12РКЛС47 х 1МГРК25

При изучении влияния концентрации пестицида на скорость радиального прироста колонии использовали 5 изолятов *P. infestans*. Каждый штамм высевали агаровым блоком в центр чашки Петри с агаризованной овсяной средой. Все тесты проводили в 3-х повторностях. Концентрации пестицидов по действующему веществу брали 0,1; 1 и 10 мкг/мл для тиаметоксама и 1; 10 и 100 мкг/мл для других веществ. Диаметр радиального прироста колонии измеряли на 12–15 сутки роста, в момент, когда диаметр колонии беспестицидного контроля составлял около 80% от диаметра чашки Петри. Результаты измерений для каждой концентрации исследуемых пестицидов усредняли (находили среднее по всем повторностям всех исследуемых изолятов).

Для исследования образования ооспор в присутствии пестицидов изоляты с типами спаривания A1 и A2 (таблица 3) высаживали агаровыми блоками попарно в чашки Петри с овсяной агаризованной средой на расстоянии 5 см друг от друга. В агаризованную среду предварительно добавляли исследуемый пестицид в концентрациях: 0,1; 1; 10; 100 мкг/мл для дифенокназола, 0,1; 1; 10 мкг/мл для тиаметоксама, 1; 10; 100 мкг/мл для иминоклоприда, флудиоксонила и метрибузина. Для контроля использовали среду без добавления пестицида. Каждая пара изолятов на одну концентрацию пестицида и на контроль высаживалась в 3-х повторностях (по 3 чашки Петри). После посадки чашки заклеивали парафином. После 20-22 суток инкубирования при +18°C всю агаризованную среду из чашки ресуспендировали в 30 мл дистиллированной воды, после чего из полученной суспензии брали 3 пробы по 30 μ л на предметное стекло и накрывали покровным стеклом. Просматривали по 60 полей зрения с каждой чашки, после чего пересчитывали число ооспор в поле зрения на концентрацию в 1 мм³ среды. Результаты измерений для каждой концентрации исследуемых пестицидов усредняли.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Влияние концентрации пестицидов в агаризованной среде на скорость радиального прироста колонии.

Дифенокназол, тиаметоксам и иминоклоприд не оказывали статистически достоверного замедления роста колоний *P. infestans* (таблица 4). Гербицид метрибузин вызывал небольшую задержку роста в начальный период (5-7 сутки роста), однако к 10 суткам диаметры колоний становились близкими. Фунгицид флудиоксонил статистически достоверно тормозил развитие мицелия *P. infestans* при концентрации более 10 мкг/мл.

Таблица 4 – Влияние концентрации пестицидов в агаризованной среде на радиальный прирост мицелия.

Действующее вещество (ДВ)	Радиальный прирост колонии (в мм) при разных концентрациях ДВ в среде				
	Контроль 0 мкг/мл	0,1 мкг/мл	1 мкг/мл	10 мкг/мл	100 мкг/мл

Продолжение таблицы 4.

Дифеноконазол	82±7* (100%)	—**	76±9 (93%)	84±4 (102%)	81±6 (99%)
Флудиоксонил	82±6 (100%)	—	74±12 (90%)	56±10 (68%)	46±3 (56%)
Тиаметоксам	82±6 (100%)	81±7 (99%)	82±6 (100%)	81±6 (99%)	—
Имидоклоприд	79±6 (100%)	—	76±9 (96%)	77±8 (97%)	76±5 (96%)
Метрибузин	88±12 (100%)	—	85±12 (97%)	86±9 (98%)	80±5 (91%)

* – после знака ± указан доверительный интервал для уровня значимости 0,05;

** – знак «—» означает, что исследования не проводились.

Влияние концентрации пестицидов в агаризованной среде на образование ооспор.

Статистически достоверное снижение образования ооспор вызывали все исследованные пестициды (таблица 5). Слабый эффект отмечен только у тиаметоксама. Сильное влияние отмечено у имидоклоприда, флудиоксонила и дифеноконазола. У дифеноконазола более сильное ингибирование ооспорообразования отмечено при некомфортной для *P.infestans* температуре +25°C. Сильное снижение образования ооспор отмечено в присутствии имидоклоприда, который не оказывал влияния на рост колонии даже в высокой концентрации (100 мкг/мл).

Таблица 5 – Влияние концентрации пестицидов в агаризованной среде на образование ооспор

Действующее вещество (ДВ)	Число ооспор при разных концентрациях ДВ в среде, шт/мм ³				
	Контроль 0 мкг/мл	0,1 мкг/мл	1 мкг/мл	10 мкг/мл	100 мкг/мл
Тиаметоксам	79,6±3,6* (100%)	79,8±3,8 (100%)	79,1±3,9 (100%)	71,4±3,7 (90%)	—
Имидоклоприд	79,6±3,6 (100%)	—**	70,0±3,4 (88%)	66,0±3,1 (83%)	35,8±2,8 (45%)
Флудиоксонил	112,7±6,9 (100%)	—	98,4±8,6 (87%)	73,6±5,4 (65%)	42,3±3,7 (36%)
Метрибузин	135,0±9,5 (100%)	—	103,0±9,8 (76%)	118,2±9,3 (88%)	74,8±8,1 (55%)
Дифеноконазол +18°C	79,6±3,6 (100%)	72,5±3,6 (91%)	82,2±3,7 (103%)	54,9±2,8 (69%)	35,8±2,3 (45%)
Дифеноконазол +25°C	29,7±2,3 (100%)	14,1±1,4 (47%)	22,6±1,8 (76%)	12,0±1,3 (40%)	10,8±1,3 (36%)

* – после знака ± указан доверительный интервал для уровня значимости 0,05;

** – знак «—» означает, что исследования не проводились.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изучение влияния незарегистрированных против фитофтороза картофеля пестицидов на радиальный прирост мицелия показало, как и следовало ожидать, отсутствие статистически достоверного подавления роста. Однако фунгицид флудиоксонил (препарат Максим) ингибировал рост мицелия в концентрациях более 10 мкг/мл. Разрешенная концентрация флудиоксонала в рабочей жидкости в 16–50 раз выше протестированных нами значений (таблица 6) и может сильно влиять на развитие возбудителя фитофтороза в инфицированных семенных клубнях и убивать находящиеся на их поверхности зооспоры и зооспорангии. Возможно, именно этим объясняется задержка развития фитофтороза в посадках обработанных Максимом семенных клубней, обнаруженная сотрудниками ВНИИ фитопатологии (А.В. Филиппов, личное сообщение, Анисимов и др., 2009).

Как уже указывалось, снижение образования ооспор вызывали все исследованные пестициды. Тестируемые в работе концентрации пестицидов в среде были ниже или примерно соответствовали (у имидоклоприда) разрешенным концентрациям в рабочей жидкости (таблица 6). В наших экспериментах подавление образования ооспор усиливалось по мере увеличения дозы препарата, что позволяет предположить увеличение эффекта при контакте с более концентрированной рабочей жидкостью. Слабый эффект, отмеченный у тиаметоксама, возможно, объясняется тем, что максимальная исследованная концентрация была всего 10 мкг/мл, в то время как другие препараты тестировали при 100 мкг/мл.

Таблица 6 – Концентрации действующих веществ использованных в работе препаратов в рабочей жидкости

Действующее вещество (ДВ)	Использованные в работе концентрации ДВ в питательной среде, мкг/мл	Концентрация ДВ в рабочей жидкости*, мкг/мл
Дифеноконазол	0,1; 1; 10; 100	188-625
Флудиоксонил	1; 10; 100	1000
Тиаметоксам	0,1; 1; 10	37-75
Имидоклоприд	1; 10; 100	50-100
Метрибузин	1; 10; 100	1630-4900

* – согласно Государственному каталогу пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации

Подавление образования ооспор ранее было показано для антифитофторозных препаратов. Так, в работе (Kessel et al., 2002) исследовано более 10 антифитофторозных коммерческих препаратов. Все они в той или иной мере в сублетальных концентрациях подавляли образование ооспор, причем эффект проявлялся как на питательной среде, так и на листьях картофеля. В работе (Hanson, Shattock, 1998) показано ингибирующее влияние металаксила на образование ооспор парами, где оба или один из родителей были чувствительны к этому фунгициду. Снижение продуктивности ооспорообразования отмечено и при скрещивании устойчивых родителей. После наших экспериментов становится ясно, что практически все используемые на картофеле пестициды в большей или меньшей степени подавляют образование ооспор. Слабое влияние выявлено у фунгицидов манкоцеб и хлороталонил (Kessel et al., 2002) и инсектицида тиаметоксам (наши исследования).

В наших опытах дифеноконазол в концентрациях около 1 мкг/мл при оптимальных условиях роста (+18°C) стимулировал образование ооспор, что было отмечено на всех парах исследуемых штаммов. Стимуляция ооспорообразования малыми дозами антифитофторозных препаратов была выявлена также и в работе американских исследователей Groves, Ristaino (2000), где было исследовано образование ооспор изолятами в монокультуре. В статье делается предположение о том, что фунгицидные препараты могут имитировать гормоны и влиять на функционирование системы типа спаривания. Возможно, этим объясняется и стимулирующее влияние дифеноконазола на образование ооспор и в нашем эксперименте.

Дифеноконазол – системный препарат, способный проникать в растение. После проникновения в растение концентрация дифеноконазола снижается; в тканях растения она может быть ниже ингибирующей и близка к оптимальной для стимуляции образования ооспор. В этом случае применение дифеноконазола, особенно в минимально разрешенных дозах, на сильно пораженном фитофторозом картофеле будет не ингибировать, а, наоборот, стимулировать образование ооспор.

Полученные в результате проведенных экспериментов результаты показывают, что применяемые на картофеле пестицидные препараты, даже не оказывающие прямого ингибирующего действия на рост возбудителя фитофтороза, подавляют образование им ооспор. Это улучшает общую фитосанитарную обстановку на поле и препятствует появлению высокоагрессивных и устойчивых к фунгицидам штаммов в результате гибридизации.

Литература

Анисимов, Б.В., Белов, Г.Л., Варицев, Ю.А., Еланский, С.Н., Журомский, Г.К., Завриев, С.К., Зейрук, В.Н., Иванюк, В.Г., Кузнецова, М.А., Пляхневич, М.П., Пшеченков, К.А., Симаков, Е.А., Склярова, Н.П.,

Сташевски, З., Усков, А.И., Яшина, И.М. Защита картофеля от болезней, вредителей и сорняков // Москва: Картофелевод, 2009. – 272 с.

Багирова, С.Ф., Дьяков, Ю.Т. Роль ооспор в возобновлении первичной инфекции фитофтороза томата // С-Х биология. – 1998. – №3. – С.67-71.

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

Смирнов, А.Н., Еланский, С.Н. Образование ооспор в полевых популяциях *Phytophthora infestans* в Московской области // Микология и фитопатология. – 1999. Т.33. – В.6. – С. 421-425.

Уланова, Т.И., Кузнецова, М.А., Рогожин, А.Н., Сметанина, Т.И., Филиппов, А.В. Значение ооспор для перезимовки и ежегодного возобновления развития возбудителя фитофтороза на томате и картофеле // Защита картофеля. – 2010. – №1. – С. 16-21.

Bødker, L., Pedersen, H., Kristensen, K., Møller, L., Lehtinen, A. & Hannukkala, A. Influence of crop history of potato on early occurrence and disease severity of potato late blight caused by *Phytophthora infestans* // PPO-Special Report no. 11. – 2006. – P. 53-56.

Groves, C.T., Ristaino, J.B. Commercial fungicide formulations induce *in vitro* oospore formation and phenotypic change in mating type in *Phytophthora infestans* // Phytopathology. – 2000. – V.90. – P. 1201-1208.

Hanson K., Shattock R.C. Effect of metalaxyl on formation and germination of oospores of *Phytophthora infestans* // Plant Pathology. – 1998. – V.47. – P. 116-122.

Hermansen, A., B. Nordskog, & M.B. Brurberg Studies on formation and survival of oospores of *Phytophthora infestans* in Norway // PPO-Special Report no. 8. – 2002. – P. 77-80.

Kessel, G.J.T., L.J. Turkensteen, H.T.A.M Schepers, P.J. van Bekkum and W.G. Flier P. *infestans* oospores in the Netherlands: occurrence and effects of cultivars and fungicides // PPO-Special Report no. 8. – 2002. – P. 203-210.

Lehtinen, A., Hannukkala, A. and Rantanen, T. Infection potential and variation of soil borne *Phytophthora infestans* // PPO-Special Report no.8. – 2002. – P. 73-76.

Strömberg, A, Boström, U and Hallenberg, N. Oospore germination and formation by the late blight pathogen *Phytophthora infestans* in vitro and under field conditions // J. of Phytopathology. – 2001. – V.149. – P. 659-664.

Rubin, E., Baider, A., Cohen, Y. *Phytophthora infestans* produced oospores in fruits and seeds of tomato // Phytopathology. – 2001. – V.91. – P. 1074-1080.

EFFECT OF PESTICIDES ON GROWTH AND FORMATION OF OOSPORES OF *PHYTOPHTHORA INFESTANS* IN VITRO.

MITA E.D., POBEDINSKAYA M.A., ELANSKY S.N.

SUMMARY

Fungicides Difenconazole and Fludioxonil, insecticides Imidacloprid and Thiamethoxam, herbicide Metribuzin were tested on the inhibition of the radial growth of Phytophthora infestans colonies and oospore formation on oatmeal agar.

Fungicide Maxim showed a statistically significant suppression of radial growth of colony. Other investigated pesticides had no effect on the radial growth.

All tested pesticides, except Thiamethoxam, showed a statistically significant suppression of oospore formation by pairs of strains with different mating types. Maximal inhibitory effect had Fludioxonil and Difenconazole. In very small concentrations (about 1 µg/ml) difenconazole stimulated oospore formation.

Keywords: Phytophthora infestans, oospore formation, potato late blight, oomycetes, fungicide resistance.

Поступила в редакцию 08.05.2013 г.

УДК 635.21:632.953

ИЗУЧЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ НОВОГО ФУНГИЦИДА ОРВЕГО ДЛЯ ЗАЩИТЫ КАРТОФЕЛЯ ОТ ФИТОФТОРОЗА

Трейкале О., Вилсанс М., Вигуле З., Пугачева Е.

Латвийский Научно-исследовательский центр защиты растений, Латвия

E-mail: olga.treikale@laapc.lv

РЕЗЮМЕ

В статье приведены данные полевых исследований эффективности нового фунгицида Орвего (д.в. аметоктрадин 300 г/л, диметоморф 225 г/л) на картофеле в условиях эпифитотийного развития фитофтороза в 2009–2010 гг., а также результаты производственных опытов 2011–2012 гг. Показана биологическая и хозяйственная эффективность разных схем применения Орвего в сравнении с известным продуктом Акробат Рлюс (д.в. диметоморф 90 г/кг, манкоцеб 600 г/кг).

Ключевые слова: картофель, фитофтороз, фунгициды, ПВА, эффективность

ВВЕДЕНИЕ

Фитофтороз картофеля в климатических условиях Латвии является одним из опаснейших заболеваний при интенсивном возделывании на конвенциональных посадках картофеля и особенно в биологических хозяйствах. В последние годы возросла частота проявления заболевания в виде эпифитотий, что отмечается также и в Республике Беларусь [1]. На непрерывную борьбу с фитофторозом ежегодно тратятся огромные средства, в числе которых затраты, связанные с использованием химического метода защиты растений, занимают ведущие позиции. Ассортимент фунгицидов для борьбы с фитофторозом картофеля с каждым годом расширяется, появляются фунгициды с новыми активными веществами, а также комбинированные на основе известных действующих компонентов препараты. Исследования [2,3,4] показывают, что при использовании комбинированных фунгицидов, в состав которых входят вещества системного (напр., фениламидные – оксадиксил, цимоксанил) и контактного (дитиокарбаматы – манкоцеб) действия, повышается эффективность препарата в результате синергического взаимодействия компонентов, что предотвращает возникновение резистентных форм возбудителя фитофтороза. Высокая эффективность новых комбинированных препаратов против фитофтороза во время вегетации, вследствие чего достигается полная защита урожая клубней картофеля от поражения их фитофторозом, показана в докладе Л. Гришечкиной, а также

Gold R. и др. [4,5]. В последние годы растет интерес к применению поверхностно активных веществ (ПАВ) в системе защиты картофеля от фитофтороза, т.к. добавление ПАВ повышает эффективность средств защиты растений, способствуя равномерному распределению действующего вещества на поверхности листьев и увеличивая срок действия препарата в неблагоприятных погодных условиях.

В Латвийском научно-исследовательском центре защиты растений ежегодно проводятся исследования новых фунгицидов против фитофтороза картофеля в рамках регистрационных опытов, а также поиск наиболее эффективного способа применения фунгицидов в конкретных агрометеорологических условиях, в результате чего возобновляется и пополняется список разрешенных к применению на картофеле препаратов. Целью настоящей работы было изучение эффективности фунгицида Орвего, в состав которого входит новое действующее вещество аметоктрадин (300 г/л) и диметоморф (225 г/л), который является составной частью известного фунгицида Акробат Плюс. Исследование разных схем применения фунгицидов при добавлении поверхностно активных веществ Дезигнер и Кинетик показано в данной работе.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Материалом для исследований служили натуральная популяция возбудителя фитофтороза *Phytophthora infestans*, сорта картофеля 'Каратоп' и 'Верона', фунгициды, а также ПАВ. Полевые опыты проводили в 2009–2010 гг. в фермерских хозяйствах в Рижском районе. Для увеличения риска более раннего появления фитофтороза были выбраны поля с повторной посадкой картофеля. Площадь делянки 25 кв. м, повторность четырехкратная, размещение делянок – рандомизированное. Агротехника и уход за посадками обычные для хозяйства.

Новый фунгицид Орвего в 2009г. применяли с ПАВ Десигнер (в концентрации 0,125%), начиная с фазы развития картофеля 41–45, с интервалом в 5–7 дней (всего 6 обработок), Акробат Плюс в уменьшенной дозе 1,5 кг/га применяли с ПАВ Десигнер с интервалом 5–7 дней, в дозе 2,0 кг/га (без ПАВ) с интервалом 10 дней (4 обработки). В 2010г. Орвего применяли с ПАВ Кинетик (в дозе 0,25 л/га), начиная с фазы развития картофеля 31, с интервалом 5–7 дней (всего 8 обработок), Акробат Плюс применяли в дозе 2,0 кг/га с и без ПАВ (всего 6 обработок).

Учет болезней проводили на 20 кустах картофеля в каждой делянке со времени появления первых признаков до полного отмирания ботвы с интервалом в 3–7 дней. Учет развития болезней проводили в соответствии с методикой ЕРРО [6]. Урожай картофеля учитывали с площади 12,5 м², корректируя к 100% чистоте и сортируя на фракции по товарности. Учет фитофторозной гнили клубней проводили в день уборки и через месяц после хранения.

Статистическую обработку данных проводили, используя F-test дисперсионного и регрессионного анализа при 95% уровне достоверности по программе *GenStat 12 Edition*.

Метеорологические условия во время проведения исследований в 2009 и 2010 г. были благоприятны для развития фитофтороза на посадках картофеля.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В условиях 2009 г. первые симптомы фитофтороза были отмечены на нижних листьях картофеля в фазу 45–51 в контрольных делянках после сильных дождей в конце июня. В начале июля установилась сухая погода, и развитие болезни приостановилось. После частых дождей и туманов со второй декады июля развитие фитофтороза в контрольных делянках приобрело эпифитотийный характер (таблица 1). В этих условиях профилактическое применение Орвего было высоко эффективным в сдерживании появления фитофтороза до конца стадии цветения картофеля.

Таблица 1 – Результаты исследований в опыте 2009 г.

Место проведения исследований: Латвия, Царникавский округ, Калнгале, фермерское хозяйство "Уденсблусас"							
Сорт 'Каратоп'	Удобрение: Сторскаре 10-4-17, 600 кг/га			Размер делянки: 25 m ² , повторности 4			
Другие пестициды: Maxim 025 FS 0.15 л/тон + Actara WG 0.10 кг/тон; Sencor 70 WG 0.5 кг/га; Reglon Super SL 2.0 л/га							
Варианты опыта	Доза пре- парата	Развитие фитофтороза в опыте 2009г., %					
		03.07, 51-55	12.07, 65-67	19.07, 69-71	26.07, 75-79	03.08, 81-83	Инфекция клубней *
Контроль	-	0,06	0,08	9,70	50,10	100	5,50
Акробат Плюс	2,0 кг/га	0,00	0,00	0,00	0,40	6,38	1,00
Орвего + Дезигнер	0,8 л/га 0,125%**	0,00	0,00	0,62	0,70	9,31	1,00
Акробат Плюс	1,5 кг/га	0,00	0,00	0,00	0,10	11,06	3,00
Акробат Плюс + Дезигнер	1,5 кг/га 0,12 5%	0,00	0,00	0,00	0,10	6,62	2,50
НСР ₉₅	-	0,09	0,10	1,43	8,30	4,69	2,07

* – через 1 месяц после хранения; ** - % к объему рабочей жидкости

Первые симптомы фитофтороза (развитие 0,62%) в варианте применения Орвего+Дезигнер были отмечены через 4 дня после 5-й обработки фунгицидом (фаза развития картофеля 69–71), при этом развитие болезни в контроле (9,70%) превышало рассчитанный в Латвии допустимый порог ее вредоносности для картофеля [7].

В варианте применения Орвего с Дезигнер влияние на общий урожай картофеля в опыте 2009 г. было существенным. Прибавка общего урожая в этом варианте на фоне урожайности в контроле 25,6 т/га составила 38,7%, при этом урожай товарных клубней увеличился на 59,5% (таблица 2).

Таблица 2 – Влияние фунгицидов на урожай картофеля в опыте 2009 г.

Варианты опыта	Доза препарата	Урожай картофеля, т/га			
		Общий урожай	% к контролю	Товарный урожай	% к контролю
Контроль	-	25,60	100,0	17,17	100,0
Акробат Плюс	2,0 кг/га	28,20	110,2	25,57	148,9
Орвего + Дезигнер	0,8 л/га 0,125%* *	35,50	138,7	27,38	159,5
Акробат Плюс	1,5 кг/га	29,60	115,6	22,34	130,1
Акробат Плюс + Дезигнер	1,5 кг/га 0,125%	30,30	118,4	21,80	127,0
НСР ₉₅	-	8,04	-	4,92	-

В условиях 2010 г. первые симптомы фитофтороза были отмечены на контрольных делянках в начале июля (фаза развития картофеля 51–61). Ежедневные осадки в середине июля (300% от нормы) затрудняли применение фунгицидов по разработанной схеме опыта, что в конечном итоге оказало влияние на эффективность фунгицидов. Эпифитотийное развитие фитофтороза в опыте наблюдалось в конце июля. В вариантах применения Орвего первые симптомы болезни отмечены, также как и в 2009 г., после пятой обработки, 15 июля, фаза развития картофеля 72. Эффективность Орвего в дозе 0,8 л/га с Кинетик против фитофторозной гнили клубней картофеля была существенно выше, чем в варианте с той же дозой препарата без ПВА. Различия в эффективности применения Орвего и Акробат Плюс были незначительны. (таблица 3).

Таблица 3 – Эффективность фунгицидов в опыте 2010 г.

Место проведения исследований: Латвия, Царникавский округ, Калнгале, фермерское хозяйство "Уденсблусас"							
Сорт ‘Верона’		Удобрение: Сторсаре 10-10-20, 300 кг/га		Размер деланки: 25 м ² , повторности 4			
Другие пестициды: Maxim 025 FS 0.2 л/тон; Sencor 70 WG 0.25 кг/га + Titus WG 0.025 кг/га + Citowett 0.1 л /га; Reglon Super SL 2.0 л/га							
Варианты опыта	Доза препарата	Развитие фитофтороза в опыте 2010г., %					Общий урожай т/га
		12.07, 61-65	15.07, 72	23.07, 79	29.07, 81	Инфекция клубней *	
Контроль	-	0,03	1,30	1,33	31,25	4,50	16,94
Акробат Плюс	2,0 кг/га	0,00	0,06	0,45	13,84	2,00	23,21
Акробат Плюс + Кинетик	2,0 кг/га + 0,25л/га	0,00	0,002	0,13	13,00	1,25	23,56
Орвего	0,8 л/га	0,00	0,30	0,42	11,60	3,50	20,97
Орвего + Кинетик	0,8 л/га + 0,25л/га	0,00	0,14	0,08	10,40	1,50	21,63
НСР ₉₅	-	0,03	0,87	0,64	5,52	1,23	3,03

* – через 1 месяц после хранения

Различия между вариантами применения Акробата Плюс в дозе 2,0 кг/га с и без ПАВ в опыте 2010г. были также незначительны. Во всех вариантах применения фунгицидов была получена достоверная прибавка урожая, которая составляла 23–37% к контролю.

В условиях производственного испытания нового фунгицида Орвего в учебно-опытном хозяйстве Латвийского сельскохозяйственного университета «Вецауце» в 2011–2012 гг. была показана высокая биологическая и хозяйственная эффективность этого препарата по сравнению с известными фунгицидами по рекомендованным схемам их применения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение нового фунгицида Орвего против фитофтороза картофеля в дозе 0,8 л/га с интервалом 5–7 дней, начиная с фазы развития картофеля 31–45, показало высокую эффективность этого препарата в ограничении распространенности заболевания в условиях эпифитотийного развития болезни на посадках картофеля.

Сравнительный анализ данных не выявил достоверных различий в эффективности применения комплексных фунгицидов Орвего в дозе 0,8 л/га и Акробат Плюс в дозе 2,0 кг/га.

Применение фунгицидов Орвего и Акробат Плюс с ПВА показало тенденцию к повышению эффективности фунгицида в ограничении распространенности и развития фитофтороза на картофеле во время вегетации, а также было эффективным в защите клубней от поражения фитофторозной гнилью во время хранения.

Литература

1. Ivaniuk, V., Kalach, V., Ilyashenka, D., Yerchyk, V., Vlasenko, A. (2008) Ways of optimization of phytosanitary conditions in potato in Belarus. *Zemdirbyste-Agriculture*, vol 95, No.3, p. 82-87.
2. Samoucha, Y., Gisi, U. (1987) Use of Two- and Tree-Way Mixtures to Prevent Buildup of resistance to Phenylamide Fungicides in *Phytophthora* and *Plasmopara*. *Phytopathology*, Vol. 77, No.10, p. 1406-1409.
3. Gisi, U. (1996) Synergistic Interaction of fungicides in Mixtures. *Phytopathology*, Vol. 86, No. 11, p. 1273-1279.
4. Gold, R., Scherer, M., Rether, J., Speakman, J., Nave, B., Levy, T., Storer, R., Marris, D. (2009) Initium – an innovative fungicide of a new chemical class for the control of *Oomycetes*. //BCPC Congress, November 9-11, p. 1-6.
5. Гришечкина, Л.Д., Герасимова, А.В., Милютенкова, Т.И., Долженко, В.И. (2011) Новые препараты для интегрированных систем защиты картофеля от болезней в России //Интегрированная защита растений: стратегия и тактика. Материалы Международной научно-практической конференции (Минск, 5–8 июля 2011), Несвиж, с. 72-75.
6. Efficacy evaluation of fungicides: PP 1/ 2(3) *Phytophthora infestans* on potato. OEОO/EPPO Bulletin 38, 268-271.
7. Гросс, О.К., Мичене, М.Я., Трейкале, О.И. (1982) Эффективность мероприятий по защите картофеля от болезней в Латвийской ССР //Сборник научных трудов ВИЗР, Ленинград, с. 25-28.

STUDYING OF EFFICIENCY OF NEW FUNGICIDE ORVEGO FOR CONTROL OF LATE BLIGHT IN POTATO

TREIKALE O., VILCANS M., VIGULE Z., PUGACHEVA J.

SUMMARY

In the article a data on an effectiveness of new fungicide Orvego (a.i. ametoctradin 300 g/L, dimethomorph 225 g/L for the control of late blight in conditions of epiphytotic development of the disease in field trials of potatoes in 2009-2010 and the results of commercial trials in 2011–2012 are given. It was shown an effectiveness of mode of application Orvego in comparison with the reference product Acrobat MZ.

Key words: potato, late blight, fungicides, additive, efficacy.

Поступила в редакцию 30.04.2013 г.

Научное издание

КАРТОФЕЛЕВОДСТВО

Сборник научных трудов

Том 21
В 2 частях
Часть 1

Ответственный за выпуск И.Н. Довгалева
Редактор и корректор Т.Г. Грудович
Компьютерная верстка В.В. Заворошкин

Заказчик РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси
по картофелеводству и плодоовощеводству»,
ул. Ковалева, 2а, пос. Самохваловичи, Минский район,
Минская область, 223013, Республика Беларусь.
Тел.: 37517 506-63-58. Тел./факс: + 37517 506-67-79.
E-mail: secretary@brip.basnet.by
Для собственных нужд

Подписано в печать 19.11.2013 г.
Формат 16,5х24. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 15,13. Уч.-изд. л. 14,78. Тираж 100 Заказ № 592

Отпечатано в типографии
РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси
по механизации сельского хозяйства»
220049, г. Минск, ул. Кнорина, 1, корп. 3.
Тел./факс: 280-35-60
E-mail: belagromech@mail.ru