

Прохорова Оксана Алексеевна

**Оценка гибридных популяций картофеля от разных типов накапливающих
скрещиваний по полевой (горизонтальной) устойчивости к фитофторозу и
создание исходного материала для селекции**

Специальность 06.01.05 – селекция и семеноводство
сельскохозяйственных растений

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Москва 2013 г.

Работа выполнена в отделе генетики ГНУ Всероссийского научно-исследовательского института картофельного хозяйства им. А.Г. Лорха Российской академии сельскохозяйственных наук в 2004-2009гг.

Научный руководитель: доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Яшина Изольда Максимовна

Официальные оппоненты: доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Березкин Анатолий Николаевич
(РГАУ-ТСХА им. К.А. Тимирязева)

доктор сельскохозяйственных наук,
Алексеева Ксения Леонидовна
(ВНИИО)

Ведущая организация: Всероссийский НИИ растениеводства
им. Н.И. Вавилова

Защита состоится «18» апреля 2013 года в 12 часов на заседании диссертационного совета Д 006.022.01. в Государственном научном учреждении Всероссийского научно-исследовательского института овощеводства Российской академии сельскохозяйственных наук по адресу: 140153, Московская область, Раменский район, д. Веря, строение 500, ВНИИО.

Факс: (49646)2-43-64, E-mail: vniioh@yandex.ru. Сайт: www.vniioh.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Всероссийского научно-исследовательского института овощеводства Российской академии сельскохозяйственных наук.

Автореферат разослан « 14 » марта 2013 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета

Н.Л. Девочкина

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Фитофтороз является одной из наиболее опасных болезней картофеля, наносящей значительный ущерб урожаю в период вегетации и проявляющейся при хранении. Основная проблема борьбы с фитофторозом, в настоящее время, связана с высокой генетической изменчивостью возбудителя болезни – оомицета *Phytophthora infestans* (Mont) de Bary, способного преодолевать барьеры устойчивости растений и систему защитных мероприятий путем формирования разнообразных штаммов с повышенной агрессивностью.

В 80-х годах прошлого столетия во всех картофелевозделывающих странах создались условия для развития полового процесса, в результате которого в популяциях *P. infestans* увеличилась частота генетически разнообразных изолятов с высоким потенциалом адаптивности к условиям среды, в том числе устойчивых к фунгицидам системного действия (Гриднев, Кваснюк, 2000; Дьяков, 2002).

За последние 20 лет отмечено очередное повышение вредоносности возбудителя фитофторы (Cooke et. al., 2011), которое может быть связано с появлением новой группы рекомбинантных штаммов, устойчивых также к контактным фунгицидам (Смирнов, 2010) и появлением высоко агрессивных штаммов, менее зависящих от температуры и влажности воздуха (Кузнецова и др., 2012). В полевых популяциях фитофторы наблюдается быстрая смена генетически разнообразных штаммов, для защиты от которых сельхозпроизводителям приходится использовать новые классы фунгицидов, что значительно увеличило стоимость затрат на производство картофеля (Covers, 2005).

В сложившихся условиях существенно изменилась программа селекции картофеля в направлении повышения уровня фитофтороустойчивости создаваемых сортов. Главное внимание стало уделяться использованию неспецифической полевой устойчивости, свойственной многим диким видам картофеля, которая способна обеспечить надежную и долговременную защиту от прогрессирующей агрессивности патогена.

Признак неспецифической полевой устойчивости характеризуется несколькими различными защитными механизмами, снижающими степень внедрения и размножения патогена в растении. Успеху селекции благоприятствует также генетическая природа полевой устойчивости, контролируемая полигенами с аддитивным

эффектом действия, определяющим трансгрессивное расщепление потомства по полевой устойчивости. Частоту трансгрессий можно повышать с помощью подбора родительских компонентов и применения эффективной системы скрещиваний. Поэтому изучение влияния накапливающих скрещиваний на повышение уровня полевой устойчивости к фитофторозу и увеличение частоты трансгрессивных рекомбинантов в потомстве, а также создание на их основе исходного материала, являются актуальными для повышения эффективности селекционного процесса картофеля в направлении выведения сортов с высокой полевой устойчивостью к фитофторозу.

Цель исследований. По результатам оценки гибридных популяций изучить влияние накапливающих скрещиваний на повышение уровня полевой устойчивости к фитофторозу, частоту встречаемости трансгрессивных рекомбинантов и создать перспективный исходный материал для селекции.

Задачи исследований.

1. Оценить гибридные популяции по основным биометрическим параметрам полевой устойчивости к фитофторозу при искусственном заражении.
2. Оценить гибридные популяции при естественном распространении фитофторы в поле путем визуальных наблюдений в период эпифитотий по основным биометрическим параметрам полевой устойчивости и универсальному показателю AUDPC (площади поражения под кривой развития болезни).
3. Определить селекционную ценность гибридных популяций по частоте встречаемости трансгрессивных рекомбинантов.
4. Определить влияние разных типов накапливающих скрещиваний на частоту трансгрессивных рекомбинантов в популяциях и определить долю генотипов, сочетающих высокую полевую устойчивость с высокой урожайностью.
5. Оценить рекомбинантные гибриды по показателям высокой полевой устойчивости и комплексу хозяйственно-ценных признаков.
6. Выделить исходный материал для селекции на полевую устойчивость к фитофторозу и включить его в генетическую коллекцию.

Научная новизна исследований. Впервые по двум уровням высокой полевой устойчивости (7-7,9 и 8-9 баллов) проведена оценка гибридных популяций по частоте встречаемости трансгрессивных рекомбинантов, сочетающих высокую по-

левую устойчивость с комплексом хозяйственно-ценных признаков. Определена эффективность вариантов накапливающих скрещиваний, в результате которых сформировались рекомбинантные генотипы, превышающие по уровню полевой устойчивости и хозяйственно-ценным признакам родительские формы.

Проведена оценка рекомбинантных гибридов по степени стабильности признака полевой устойчивости, установлена частота встречаемости генотипов, сочетающих высокую стабильную устойчивость с высокой урожайностью.

Практическая значимость. Создан перспективный, генетически разнообразный исходный материал, характеризующийся высокой устойчивостью к фитофторозу и комплексом хозяйственно-ценных признаков. В генетическую коллекцию исходных форм ВНИИКХ передано 64 рекомбинантных генотипа, сочетающих высокую полевую устойчивость с урожайностью, крахмалистостью, устойчивостью к альтернариозу и вирусам, в том числе к наиболее вредоносному вирусу Y. Выделены также новые источники устойчивости к фитофторозу в количестве 16 генотипов и отобрано 17 хозяйственно-полезных гибридов.

Апробация работы. Результаты работы были представлены и доложены на Международной научно-практической конференции «Проблемы современного картофелеводства» (НАН Беларуси, 15-17 июля 2008 г.), Международной научно-практической конференции «Научное обеспечение и инновационное развитие картофелеводства» (Коренево ВНИИКХ, 6-8 августа 2008 г.).

На защиту выносятся следующие положения:

1. Результаты оценки гибридных популяций картофеля по степени полевой устойчивости к фитофторе при искусственной инокуляции и в условиях естественного заражения в поле.
2. Рекомбинантные генотипы, выделенные в 9 гибридных популяциях по степени высокой полевой устойчивости и частоте хозяйственно-ценных гибридов для использования в накапливающих скрещиваниях в практической селекции.
3. Индивидуально отобранные 29 рекомбинантов, пополнивших генетическую коллекцию фитофтороустойчивых генотипов с максимальным уровнем высокой полевой устойчивости к фитофторозу (8,0-8,5-9,0 баллов) и стабильностью ее проявления, обеспечивающие в потомстве оптимальное сочетание селективируемых признаков.

Публикации результатов исследований. По теме диссертации опубликовано 16 печатных работ, в том числе две в журналах, рекомендованных ВАК РФ.

Объем и структура диссертации. Диссертационная работа изложена на 162 страницах компьютерного текста содержит 19 таблиц, 7 рисунков, состоит из введения, семи глав, выводов, рекомендаций для практической селекции, списка использованной литературы включающего 153 наименования, в том числе 42 – на иностранных языках, 6 приложений.

ИСХОДНЫЙ МАТЕРИАЛ, МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ И УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ОПЫТОВ

Работа выполнена в отделе генетики Всероссийского научно-исследовательского института картофельного хозяйства им. А.Г. Лорха (п. Коренево, Люберецкого района, Московской области) в 2005-2009 гг. в лабораторных и полевых условиях.

Схема опытов и методика исследований.

Опыт 1. Подбор родительских пар для скрещивания.

В качестве исходного материала для получения гибридных популяций картофеля служили 20 сортов отечественной и зарубежной селекции и 25 гибридов-беккроссов межвидового происхождения, отселектированные в отделе генетики по полевой устойчивости к фитофторозу. По данным анализа родословных гибриды-беккроссы содержат полигены полевой устойчивости от диких мексиканских видов (*S.demissum*, *S.semidemissum*, *S.stoloniferum*). Таким образом, из 31 популяции, большинство популяций, созданы в результате накапливающих скрещиваний сортов и беккроссов с высокой и средней полевой устойчивостью.

Для получения семян было проведено более 2000 опылений, подбор родительских форм проводили по фертильности, фитофтороустойчивости и хозяйственно-ценным признакам. Для получения каждой новой комбинации было опылено не менее 60 цветков. Для опыта использовали более 10000 тыс. шт. семян, из которых выращивали сеянцы и в дальнейшем одноклубневые популяции, использованные для проведения опытов.

Опыт 2. Оценка гибридных популяций по полевой устойчивости к фитофторозу при искусственном заражении.

За годы исследований (2005-2008 гг.) по полевой устойчивости к фитофторозу с помощью искусственного заражения было оценено 29 гибридных популяций включающих 2851 гибрид, из которых по биометрическим показателям было оценено 1063 образца. Искусственную инокуляцию листьев для оценки степени горизонтальной устойчивости к фитофторе выполняли ежегодно в лабораторных условиях, путем заражения отделенных листьев, взятых с растений в поле, в период массового цветения, по методике ВНИИКХ (1980) и рекомендациям Umaerusa (1969). Для инокуляции применяли высоковирулентную расу 1.2.3.4.4.5.6.7.8.10. XYZ, полученную из ВНИИФ, инфекционная нагрузка составляла 25 конидий (x 120), что соответствует 30-35 тыс. зооспор в 1 мл суспензии. Степень поражения каждого листа оценивали визуально по 9-бальной шкале.

Опыт 3. Оценка гибридных популяций по полевой устойчивости к фитофторозу при естественном распространении болезни в поле.

В полевых условиях, в период развития эпифитотий фитофтороза, была оценена и проанализирована 21 гибридная популяция из 31. Десять популяций первого клубневого поколения в полевых условиях 2007 года по степени пораженности фитофторозом не оценивались из-за погодных условий. Они прошли оценку только при искусственном заражении. Отобранные из этих популяций гибриды во втором клубневом поколении были оценены в полевых условиях в эпифитотию 2008 г. Растения высаживали в однократной повторности, семьями, в количестве от 30 до 200 штук. Оценено около 2000 растений, из которых было отобрано более 600 визуально здоровых, прошедших оценку в период эпифитотий.

В полевых условиях оценку популяций в период эпифитотий, начинали с момента поражения неустойчивых сортов (обычно в конце второй – начале третьей декады июля). Степень поражения оценивали в баллах по методике ВНИИКХ (1980): 9 – поражение отсутствует; 8 – единичные пятна на отдельных листьях; 7 – поражено до 25% листьев; 5 – до 50%; 3 – до 75%; 1 – поражены все листья.

В период вегетации растения также оценивали по мощности развития, интенсивности цветения и устойчивости к болезням.

При уборке гибридов учитывали урожайность и проводили отбор по комплексу хозяйственно-ценных признаков. Во втором клубневом поколении отобранные гибриды повторно оценивали по устойчивости к болезням в поле (вирусам, альтернариозу, ризоктониозу; в период эпифитотии – к фитофторозу).

Показатели устойчивости в баллах обрабатывали методами вариационной статистики по Меркурьевой (1963) при этом определяли основные биометрические показатели: среднюю популяционную устойчивость ($\bar{x} \pm m_s$), пределы варьирования признака ($x_{\min} - x_{\max}$), коэффициент вариации (C_v).

При полевых наблюдениях по данным 3х-учетов оценивали степень распространения фитофтороза на гибридных популяциях по показателю AUDPC (area under disease progress curve) - площади поражения под кривой развития болезни. Для расчета использовали развернутую формулу в модификации Макарова и др. (Макаров, 2003), которая имеет следующий вид:

$$S = \Sigma (x_1 + x_2)(t_2 - t_1) + (x_2 + x_3)(t_3 - t_2), \text{ где}$$

S – площадь под кривой развития болезни;

x_1, x_2 и x_3 – интенсивность развития болезни соответственно при первом, втором и третьем учетах;

$t_2 - t_1$ и $t_3 - t_2$ – число дней между учетами.

Кроме оценки на фитофтороустойчивость у всех отобранных гибридов брали пробы для определения крахмала. Расчет проводили по удельному весу, по формуле Б.П. Назаренко (1952):

$$\% \text{ крахмала} = \frac{\text{масса клубней в воде}}{\text{масса клубней в воздухе}} \times 264 - 6$$

Вкусовые качества клубней определяли по 5-ти бальной шкале, используя методические рекомендации ВИР (Букасов С.М. и др., 1975), а также ВНИИКХ (Кирюхин В.П., Чеголина М.М., 1983) и БелНИИК (Банадысев и др., 2003).

Опыт 4. Оценка гибридных популяций по частоте встречаемости трансгрессивных рекомбинантов.

По результатам искусственного заражения и визуальных наблюдений в поле образцы с баллами 8-9 относили к высокоустойчивым, с баллом 7-7,9 – к устойчивым, с баллами 5-6 – к среднеустойчивым.

На основании комплексной оценки гибридов отбирали трансгрессивные рекомбинанты (ТР-гибриды) сочетающие высокую полевую устойчивость (на уровне 7-9 баллов) с комплексом хозяйственно-ценных признаков.

Предварительную оценку отобранных генотипов по урожайности проводили по годам исследований. В 2008-2009 гг. 64 отобранных в качестве исходных форм образцов, прошли повторную оценку по урожайности, в результате чего был рассчитан средний показатель за два года. Продуктивность оценивали по 5 кустам.

Опыт 5. Изучение влияния типов накапливающих скрещиваний на частоту встречаемости трансгрессивных рекомбинантов.

Для анализа влияния накапливающих скрещиваний на частоту трансгрессивных рекомбинантов использовали 25 гибридных популяций, оцененных по этому показателю. Из них 9 популяций получены от скрещивания устойчивых родительских форм между собой, 14 популяций – от скрещивания устойчивых со среднеустойчивыми и среднеустойчивых между собой и 2 популяции происходят от скрещивания устойчивых с неустойчивыми.

Из 64 отобранных ТР-гибридов 29 генотипов (45,3% от числа отобранных) превосходили по устойчивости родительские формы. В качестве стандартов использовали сорта: Жуковский ранний, Невский, Луговской и Никулинский.

Условия проведения исследований. Полевые опыты закладывали в селекционном севообороте ВНИИ картофельного хозяйства. Почвы легкие, дерново-подзолистые, супесчаные по механическому составу.

Метеорологические условия за годы проведения исследований (2005-2009 гг.) отличались большим разнообразием: развитие эпифитотий фитофтороза наблюдалось в 2005, 2006 и 2008 гг.; засуха отмечена в 2007 году. Относительно благоприятные условия вегетации были в 2009 году.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

ОЦЕНКА ГИБРИДНЫХ ПОПУЛЯЦИЙ ПО ПОЛЕВОЙ УСТОЙЧИВОСТИ К ФИТОФТОРОЗУ ПРИ ИСКУССТВЕННОМ ЗАРАЖЕНИИ

Из изученных за годы исследований популяций (2005-2008 гг.) 29 были оценены с помощью искусственного заражения. Результаты оценки, представленные в

таблице 1, показывают, что существенные различия между популяциями проявляются по таким биометрическим показателям как средняя популяционная устойчивость к фитофторозу (варьирование от 8,7 до 5,1 балла) и частота встречаемости высокоустойчивых гибридов с баллами 7-9 (от 0 до 42%). Высокие значения этих двух параметров дают возможность выделить наиболее ценные популяции.

Таблица 1. Результаты анализа гибридных популяций от разных типов скрещивания по полевой устойчивости к *P. infestans* при искусственной инокуляции

Селекционный номер	Происхождение	Тип скрещивания	Оценено гибридов, шт.	Искусственная инокуляция, балл			Частота высокоустойчивых гибридов с баллами 7,0-9,0, %
				$\bar{x} \pm m_s$	$X_{\min} - X_{\max}$	C_v	
2005 год							
2600	1387-5 x Зарево	У x У	42	7,6 \pm 0,35	4-9	14,7	10,4
2602	1387-5 x 128-6	У x У	50	6,4 \pm 0,29	3-8	18,1	4,8
2006 год							
2649	Юбилей Жукова x Петербургский	С x У	46	7,5 \pm 0,10	6-8	7,7	19,3
2650	Юбилей Жукова x Зарево	С x У	34	5,5 \pm 0,19	2-6	21,6	0
2651	Никулинский x 1976-36	У x У	50	7,2 \pm 0,12	5-8	10,9	17,4
2652	Малиновка x 93.20-12	У x С	49	5,5 \pm 0,13	4-8	15,2	5,3
2657	Эффект x 2372-66	С x У	28	6,5 \pm 0,26	2-7	21,3	2,1
2659	2404-57 x Резерв	У x С	30	6,5 \pm 0,15	3-7	16,3	11,0
2643	Слава Брянщины x 92.4-75	С x У	30	5,1 \pm 0,24	2-7	25,5	5,4
2007 год							
2671	2387-21 x Талисман	У x У	39	7,9 \pm 0,18	3-9	14,0	42,0
2670	2308-11 x Талисман	У x У	50	8,7 \pm 0,14	6-9	11,1	22,5
2665	2376-93 x Наяда	У x У	37	7,4 \pm 0,2	4-8	16,2	28,8
2663	2414-73 x Наяда	У x У	37	7,4 \pm 0,19	4-9	15,4	31,7
2664	91.33-34 x Наяда	С x У	58	6,3 \pm 0,22	4-8	25,4	12,9
2677	Никулинский x 1976-36	У x У	87	7,6 \pm 0,14	4-9	17,1	23,4
2678	2292-20 x Свенский	У x У	44	7,5 \pm 0,2	4-9	17,4	28,4
2673	2374-22 x 2029-5	У x С	51	6,6 \pm 0,2	1-8	16,7	32,4
2672	95.16-24 x 2029-5	У x С	61	7,2 \pm 0,1	2-8	11,2	26,8
2674	2374-22 x Русский сувенир	У x У	51	7,3 \pm 0,17	4-9	16,4	18,5
2008 год							
2705	2040-2 x Роко	У x С	17	7,0 \pm 0,25	5-8	14,0	28,6
2706	92.7-26 x Роко	У x С	12	6,4 \pm 0,53	4-8	26,6	17,9
2701	95.16-103 x Нью-Йорк	У x С	13	6,8 \pm 0,36	3-8	18,5	0
2702	2470-42 x 2501-13	У x У	27	7,7 \pm 0,17	5-9	11,6	37,5
2704	Ладожский x Талисман	С x У	12	5,9 \pm 0,21	5-7	11,7	18,8
2711	2376-93 x Невский	У x С	16	6,8 \pm 0,23	4-7	13,2	23,5

2712	2387-21 x 128-6	У x У	36	6,4+0,24	2-8	21,9	14,6
2718	2302-34 x Кондор	У x С	16	6,0+0,4	1-9	25,4	13,9
2719	2414-79 x Кондор	У x С	15	7,8+0,25	6-8	10,9	32,4
2730	2501-21 x Аусония	У x Н	25	5,4+0,26	5-7	24,1	7,8

В 2005 году по этим показателям выделилась популяция 2600 (1387-5 x Зарево) с уровнем средней популяционной устойчивости 7,6 баллов и количеством высокоустойчивых гибридов – 10,4%; в 2006 году – популяции 2649 (Юбилей Жукова x Петербургский) и 2651 (Никулинский x 1976-36) с уровнем устойчивости 7,5 и 7,2 баллов и количеством высокоустойчивых гибридов 19,3% и 17,4 % соответственно. В 2007 году выделилось 8 популяций - 2671, 2670, 2665, 2663, 2677, 2678, 2672, 2674 со средней популяционной устойчивостью на уровне 7,2 -8,7 баллов и наличием гибридов с высокими показателями устойчивости 22,5-31,7%.

В 2008 году выделилось три популяции (2705, 2702, 2719), с уровнем устойчивости 7,0 - 7,7 - 7,8 балла и количеством высокоустойчивых гибридов составляющим 28,6%, 37,5% и 32,4% соответственно.

Из 29 оцененных популяций в двух (2650, 2701) полученных с участием среднеранних родителей, не было выделено гибридов с устойчивостью 7-9 баллов, что может быть обусловлено более ранним сроком их созревания и ранней потерей устойчивости.

ОЦЕНКА ГИБРИДНЫХ ПОПУЛЯЦИЙ ПО ПОЛЕВОЙ УСТОЙЧИВОСТИ К ФИТОФТОРОЗУ ПРИ ЕСТЕСТВЕННОМ РАСПРОСТРАНЕНИИ БОЛЕЗНИ В ПОЛЕ

Оценка гибридных популяций в полевых условиях по основным биометрическим параметрам признака полевой устойчивости к фитофторозу

За период проведения исследований эпифитотии фитофтороза наблюдали в 2005, 2006 и 2008 гг. В полевых условиях была оценена и проанализирована 21 гибридная популяция из 31 (табл. 2). Десять популяций первого клубневого поколения (2007 г.) в полевых условиях не оценивали из-за погодных условий – жары и засухи, они прошли оценку при искусственном заражении. Отобранные из них гибриды были оценены в эпифитотию 2008 года. Эти популяций представлены в последующих разделах с указанием двухлетней оценки (2007/2008).

Таблица 2. Результаты анализа гибридных популяций по устойчивости к *P. infestans* при естественном заражении по данным визуальной оценки в поле в период эпифитотий (2005, 2006 и 2008 гг.)

Селекционный номер	Происхождение	Тип скрещивания	Оценено гибридов, шт.	Визуальная оценка в поле, балл			Частота высокоустойчивых гибридов с баллами 7-9,0 %
				$\bar{x} \pm m_s$	$X_{\min} - X_{\max}$	C_v	
2005 год (05.08)							
2600	1387-5 x Зарево	У x У	42	4,8 \pm 0,3	2-7	33,4	6,5
2602	1387-5 x 128-6	У x У	50	6,0 \pm 0,24	3-8	26,7	17,9
2603	1387-5 x Россиянка	У x Н	45	4,6 \pm 0,21	2-7	30,4	2,0
2006 год (16.08)							
2649	Юбилей Жукова x Петербургский	С x У	46	7,5 \pm 0,19	5-8	13,4	14,2
2650	Юбилей Жукова x Зарево	С x У	34	5,5 \pm 0,12	4-7	15,5	4,5
2651	Никулинский x 1976-36	У x У	50	7,5 \pm 0,12	5-9	13,4	20,3
2652	Малиновка x 93.20-12	У x С	49	5,5 \pm 0,2	4-7	13,1	3,8
2657	Эффект x 2372-66	С x У	28	5,5 \pm 0,21	4-8	16,7	9,0
2659	2404-57 x Резерв	У x С	30	5,5 \pm 0,21	4-7	14,0	12,5
2643	Слава Брянщины x 92.4-75	С x У	30	6,8 \pm 0,17	5-8	13,2	26,8
2658	93.3-4 x Чародей	С x У	30	5,5 \pm 0,10	5-7	10,9	12,0
2008 год (18.08)							
2705	2040-2 x Роко	У x С	17	6,4 \pm 0,15	5-7	9,1	10,7
2706	92.7-26 x Роко	У x С	12	7,6 \pm 0,17	7-8	7,1	35,7
2701	95.16-103 x Нью-Йорк	У x С	13	7,8 \pm 0,17	6-8	7,8	54,5
2718	2302-34 x Кондор	У x С	16	8,3 \pm 0,10	7-8	4,8	44,5
2719	2414-79 x Кондор	У x С	15	8,0 \pm 0,14	7-8	6,3	44,1
2712	2387-21 x 128-6	У x У	36	7,1 \pm 0,11	5-8	9,4	22,9
2730	2501-21 x Аусония	У x Н	25	7,2 \pm 0,19	5-8	13,2	26,6
2704	Ладожский x Талисман	С x У	12	7,5 \pm 0,25	5-8	10,9	31,3
2702	2470-42 x 2501-13	У x У	27	8,0 \pm 0,13	7-8	8,4	48,2
2711	2376-93 x Невский	У x С	16	7,4 \pm 0,23	5-8	12,0	32,4

Результаты испытания популяций в условиях естественного распространения болезни позволили установить аналогичные закономерности, которые наблюдались при искусственном заражении. Популяции существенно различались по средней популяционной полевой устойчивости и частоте встречаемости высокоустойчивых гибридов. По высоким значениям этих двух основных параметров признака полевой устойчивости выделилось 8 популяций, в том числе в 2005 г. – популяция

(2602), в 2006 г. – две популяции (2649 и 2651), в 2008 г. – пять популяций (2702, 2704, 2706, 2718 и 2719).

Верхняя граница устойчивости в баллах при естественном заражении только в одной популяции 2006 года (2651 – Никулинский х 1976-36) составляла 9 баллов, в 13 популяциях этот показатель был на уровне 8 баллов, в 7 популяциях – на уровне 7 баллов. Такая степень устойчивости в условиях распространения фитофтороза в середине и конце первой декады августа относится к высоким показателям и наличие таких генотипов в популяции благоприятствует эффективному отбору гибридов с высокой полевой устойчивостью.

Ориентироваться в направлении объективного анализа изучаемых популяций по уровню полевой устойчивости к фитофторозу позволяют данные оценки стандартных сортов разных сроков созревания, которые показывают, что все три эпифитотии 2005, 2006 и 2008 гг. отличались по характеру проявления и вредоносности (табл. 3).

Таблица 3. Показатели устойчивости к фитофторозу стандартных сортов в период эпифитотий 2005, 2006 и 2008 гг. в полевых условиях

Сорт	Группы спелости	Устойчивость по годам и срокам оценки, балл			
		2005 г. (05.08)	2006 г. (20.08)	2008 г. (18.08)	Среднее
Жуковский ранний- R ₃	ранний	1,0	3,5	1,0	1,8
Невский R ₁ R ₂	среднеранний	2,0	5,0	3,0	3,3
Луговской	среднезрелый	5,0	8,0	7,0	6,7
Никулинский	среднепоздний	5,0	8,0	7,0	6,7
Среднее		3,25	6,1	4,5	4,6

Наиболее сильное поражение всех сортов отмечено в эпифитотию 2005 года, когда сорта с высокой полевой устойчивостью (Луговской и Никулинский) уже 5 августа были поражены на 5 баллов, а сорта с R-генами (Жуковский ранний и Невский) практически были поражены полностью, что свидетельствовало о наличии соответствующих вирулентных рас в полевой популяции возбудителя в начале эпифитотии.

Средние показатели устойчивости четырех стандартных сортов наглядно демонстрируют степень вредоносности фитофтороза в годы развития эпифитотий: высокую - в 2005 году (балл 3,25); относительно слабую в 2006 году (балл 6,1); и усиление вредоносности патогена к 18 августа в 2008 года - балл 4,5. В период трех

эпифитотий стандартные сорта с горизонтальной устойчивостью Луговской и Никулинский по сравнению с R-сортами характеризуются более высокой способностью противостоять воздействию возбудителя.

Оценка гибридных популяций по устойчивости к фитофторозу в полевых условиях по универсальному показателю AUDPC

Более точную характеристику вредоносности эпифитотии фитофтороза в разные годы можно получить путем расчета универсального показателя AUDPC (area under disease progress curve) - площади поражения под кривой развития болезни. Этот способ позволяет сравнить поведение различных генотипов и популяций в условиях разных эпифитотий и в разных полевых условиях (табл. 4).

Данные таблицы подтверждают основные особенности характера эпифитотий, которые основывались на оценке стандартных сортов. Эпифитотия фитофтороза в 2005 году вызвала значительно более сильное поражение листьев, чем в другие годы (площадь поражения составила 897 - 1618).

В эпифитотию 2006 года площадь поражения растений по данным трех учетов (8-13-16.08) варьировала от 332,5 до 720,0 и была более низкой по сравнению с предыдущим годом. Слабой степенью поражения площади листьев, означающую повышенную устойчивость, отличались популяции 2651 (Никулинский х 976-36) и 2649 (Юбилей Жукова х Петербургский), характеризующиеся повышенным значением средней популяционной полевой устойчивости (7,5 баллов).

В эпифитотию 2008 года низкие значения показателей AUDPC имели четыре популяции (2702, 2718, 2719 и 2704) также с повышенным значением средней полевой устойчивости. Часть из них, с относительно высокой средней популяционной (7,1-7,6 балла), отличались средними значениями площади поражения листьев (в популяциях 2712, 2706 и 2730).

По результатам оценки, можно заключить, что на показатель AUDPC влияет скорость поражения, учитываемая при его расчете. Поэтому наиболее высокую степень поражения имеют популяции, происходящие от среднеранних родителей (2603, 2705, 2730).

Сравнительный анализ трех способов оценки гибридных популяций показал примерно одинаковую их эффективность. По высокой степени полевой устойчивости при всех способах оценки выделились одни и те же гибридные популяции (2649,

2651, 2702, 2719), которые при искусственной инокуляции имели устойчивость на уровне 7,2 - 7,8 баллов, в полевых условиях 7,5 – 8 баллов, а показатель AUDPC составлял 202 - 407,5. Любой из трех методов оценки позволяет выделить наиболее устойчивые популяции.

Таблица 4. Результаты оценки гибридных популяций по полевой устойчивости к *P. infestans*, по универсальному показателю AUDPC – площади поражения под кривой развития болезни в период эпифитотий 2005, 2006 и 2008 гг.

Селекционный номер	Происхождение	Тип скрещивания	Оценено гибридов, шт.	Степень поражения при разных сроках наблюдений, балл					Площадь поражения под кривой развития болезни
				1	2	3	4	ср	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2005 (27.07-05.08-12.08)									
2600	1387-5 х Зарево	У х У	42	7,7	3,9	2,8	-	4,8	1589
2602	1387-5 х 128-6	У х У	50	8,4	5,9	5,3	-	6,0	897
2603	1387-5 х Россиянка	У х Н	45	6,6	4,9	2,7	-	4,6	1618
2006 (08.08-13.08-16.08)									
2649	Юбилей Жукова х Петербургский	С х У	46	8,6	8,5	7,4	2,9	6,7	407,5
2650	Юбилей Жукова х Зарево	С х У	34	8,6	8,2	6,5	2,5	5,8	720,0
2651	Никулинский х 1976-36	У х У	50	8,5	8,2	7,6	3,0	6,7	332,0
2652	Малиновка х 93.20-12	У х С	49	8,6	7,7	6,0	2,8	6,1	720,0
2657	Эффект х2372-66	С х У	28	8,8	8,3	6,9	3,0	6,6	670,0
2658	93.3-4 х Чародей	С х У	30	8,8	8,7	5,8	2,6	6,4	647,5
2659	2404-57 х Резерв	У х С	30	8,9	8,5	6,4	2,9	6,5	644,5
2643	Слава Брянщины х 92.4-75	С х У	30	8,6	8,8	7,6	3,6	6,8	574,0
2008 (01.08-07.08-11.08-18.08)									
2701	95.16-103 х Нью-Йорк	У х С	13	9,0	8,3	7,6	6,8	7,8	387,0
2702	2470-42 х 2501-13	У х У	27	8,5	8,1	7,7	-	8,0	202,0
2704	Ладожский х Талисман	С х У	12	9,0	7,6	6,9	-	7,5	301,0
2705	2040-2 х Роко	У х С	17	8,9	7,7	6,0	5,1	6,4	862,0
2706	92.7-26 х Роко	У х С	12	9,0	8,4	7,1	6,6	7,6	471,0
2711	2376-93 х Невский	У х С	16	9,0	7,5	6,2	-	7,4	375,0
2718	2302-34 х Кондор	У х С	16	9,0	9,0	7,8	7,4	8,3	240,0
2719	2414-79 х Кондор	У х С	15	9,0	9,0	7,4	6,8	8,0	343,0
2712	2387-21 х 128-6	У х У	36	9,0	8,1	7,4	6,5	7,1	464,0
2730	2501-21 х Аусония	У х Н	25	8,9	6,5	6,3	-	7,2	531,0

ОЦЕНКА ГИБРИДНЫХ ПОПУЛЯЦИЙ ПО ЧАСТОТЕ ВСТРЕЧАЕМОСТИ ТРАНСГРЕССИВНЫХ РЕКОМБИНАНТОВ

По признаку полевой устойчивости к фитофторозу, контролируруемому аддитивно (совместно) действующими полигенами, гибридные популяции характеризуются трансгрессивным расщеплением, при котором в потомстве появляются гибриды превосходящие по устойчивости родительские формы. Среди устойчивых провели отбор генотипов с хозяйственно-ценными признаками относящихся к числу трансгрессивных рекомбинантов (ТР-гибридов), формирующихся за счет трансгрессивного расщепления и мейотического рекомбиногенеза. На прямом их отборе и учете основывается анализ популяций по этому признаку.

Оценку всех популяций по частоте ТР-гибридов провели в одинаковых условиях в эпифитотию 2008 года. Первый учет был сделан 11 августа, когда у стандартов с полевой устойчивостью Никулинский и Луговской отмечалось начало поражения (7,5 балла). Через неделю (18 августа) популяции были оценены повторно, что позволило определить уровень снижения устойчивости генотипов за 7-дневный период эпифитотии и оценить степень стабильности признака полевой устойчивости. При проведении оценки ТР-гибриды по уровню устойчивости были разделены на две группы: с показателями 7-7,9 баллов и 8-9 баллов. Кроме высокой полевой устойчивости к фитофторе (7-9 баллов), ТР-гибриды отбирали по устойчивости к вирусам (8-9 баллов), альтернариозу (8-9 баллов) и урожайности не ниже 800 г/куст, имеющих культурный тип гнезда и клубней.

Из 31 гибридной популяции, оцененной по всем перечисленным показателям, ТР-гибриды были выделены в 25 (80,6% от числа изученных). Из них, ТР-гибриды с устойчивостью 7-7,9 баллов, выделены в 21 популяции с частотой 0,5-6,7%. Наиболее высокая их доля отмечена в пяти популяциях (2643, 2702, 2704, 2719, 2663), с частотой встречаемости - 5,4-6,7% (происхождение популяций дано в таблицах 1 и 2). Рекомбинантные гибриды более высокого уровня устойчивости - 8-9 баллов, выделены в 14 гибридных популяциях с частотой встречаемости - 0,6% - 6,3%. Доля таких гибридов была наиболее высокой (5,4-6,3%) в четырех популяциях 2008 года: 2702, 2719, 2730 и 2704. В популяциях 2007/2008 гг. высокая частота рекомбинантных гибридов с устойчивостью 8-9 баллов отмечена в популяции 2673 - 5,6%; 2674 - 3,6% и в популяции 2670 - с частотой 2,5%.

В среднем по трем популяциям 2005 года показатель устойчивости составил 5,1 балла, в 7 популяциях 2006 года отмечено его повышение до 6,3 балла, а в популяциях 2008 и 2007/2008 гг. средняя степень полевой устойчивости к фитофторозу возросла до 7,5 баллов. За годы испытания с повышением среднего уровня полевой устойчивости популяций до 7,5-8,5 баллов увеличилась и частота популяций содержащих ТР-гибриды с высокой полевой устойчивостью (8-9 баллов) с 14,3-32,2% до 75-85,7%.

Из 64 отобранных ТР-гибридов с устойчивостью выше родителей выделено 29 генотипов (45,3% от числа отобранных). Из них балл 9 имели только два генотипа (3,1%), с устойчивостью 8,5 балла отобрано 11 генотипов (17,2%), с устойчивостью 8 баллов – 16 генотипов (25%).

АНАЛИЗ ПОПУЛЯЦИЙ ПО ТИПАМ НАКАПЛИВАЮЩИХ СКРЕЩИВАНИЙ И ОЦЕНКА ИХ ВЛИЯНИЯ НА ЧАСТОТУ ТРАНСГРЕССИВНЫХ РЕКОМБИНАНТОВ

Для анализа влияния накапливающих скрещиваний на частоту трансгрессивных рекомбинантов использовали 25 гибридных популяций, оцененных по этому показателю. Из них 9 популяций получены от скрещивания устойчивых родительских форм между собой (У x У), 14 популяций – от скрещивания устойчивых со среднеустойчивыми и среднеустойчивых между собой (У x С, С x У, С x С) и две популяции происходят от скрещивания устойчивых с неустойчивыми (У x Н).

Для программы селекции наиболее важно изучить влияние накапливающих скрещиваний на частоту рекомбинантных генотипов, сочетающих высокую полевую устойчивость с высокой урожайностью. Все 94 отобранных по устойчивости рекомбинантных генотипа прошли испытание по урожайности в 2008/2009 гг. Из них на программу по полевой устойчивости было отобрано 64 ТР-гибрида, частота встречаемости которых в различных вариантах накапливающих скрещиваний приведена по пяти классам урожайности на рисунке 1. Характерно, что наиболее ценные рекомбинантные генотипы, происходящие от скрещивания У x У присутствуют во всех классах урожайности. Наибольшее их количество 35,9% расположено в классе 800-899 г/куст. Это преимущественно гибриды позднего и среднепозднего сроков созревания с высокой полевой устойчивостью к фитофторозу. Некоторые из них не успели сформировать свойственный им уровень урожайности.

ТР-гибриды от скрещивания $У \times С$, $С \times У$ и $С \times С$ также присутствуют во всех классах урожайности, но в наибольшем количестве (52,4%) в классе 900-999 г/куст. В классах высокой урожайности (1000-1199 г/куст) их доля близка к рекомбинантам $У \times У$. В классе высокой урожайности (1200 г/куст и выше) частота встречаемости рекомбинантов $У \times С$ была низкой и составляла 4,8%.

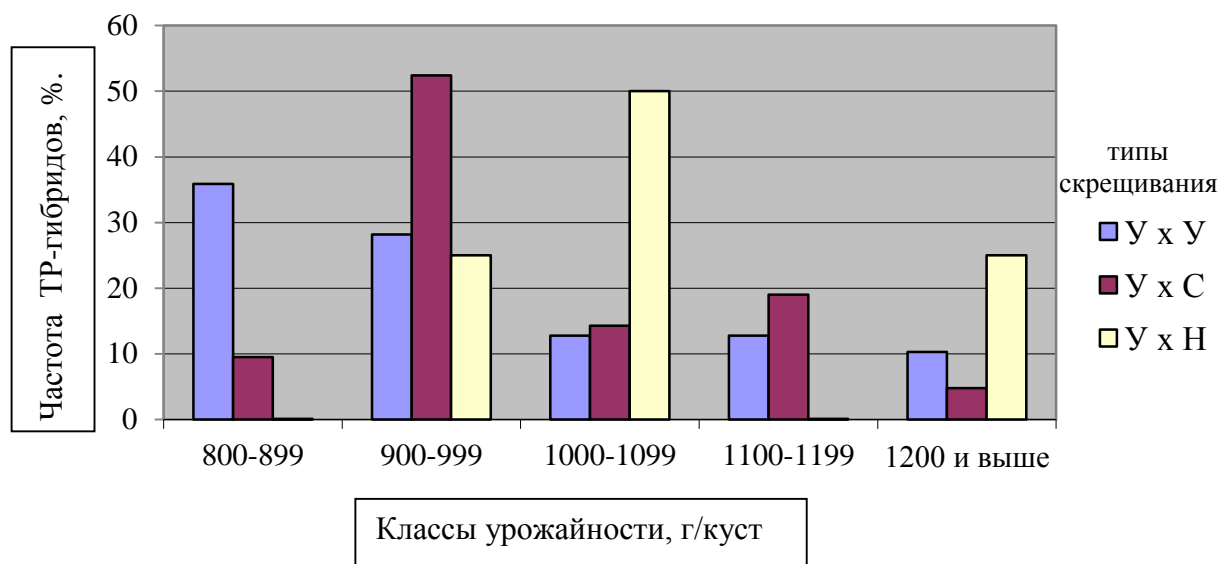


Рис. 1. Распределение ТР-гибридов от разных типов накапливающих скрещиваний по классам урожайности и сравнительная частота их встречаемости

Рекомбинанты от скрещивания $У \times Н$ показали достаточно широкое распределение – от класса 900-999 г/куст (25%) до класса 1200 г/куст и выше (25%) при наибольшей частоте гибридов (50%) в классе 1000-1099 г/куст.

Высокоурожайные гибриды в классе 1100-1200 г/куст и выше выделены в популяциях от всех типов накапливающих скрещиваний примерно с одинаковой частотой: в популяциях $У \times У$ – 23,1%, в популяциях $У \times С$, $С \times У$ и $С \times С$ – 23,8% и в популяциях $У \times Н$ – 25%.

Доля рекомбинантных гибридов из популяций $У \times У$ в классах высокой урожайности (1100 и 1200 г/куст) варьирует от 10,3% до 12,8%, что является достаточно эффективным для проведения селекционного отбора в направлении перекомбинации урожайности и высокой полевой устойчивости к фитофторозу. Эти данные подтверждают важность проведения накапливающих скрещиваний типа $У \times У$ для повышения частоты рекомбинантов, более высокого уровня полевой устойчивости и урожайности.

ХАРАКТЕРИСТИКА ГИБРИДОВ, ОТОБРАННЫХ ПО КОМПЛЕКСУ ЦЕННЫХ ПРИЗНАКОВ И ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В КАЧЕСТВЕ ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА

Большой интерес, особенно для вовлечения в программу скрещиваний, представляют генотипы с наиболее высокой полевой устойчивостью (8,0-9,0 баллов), так как в их потомстве можно ожидать значительное повышение частоты ТР-гибридов с баллом 9. В таблице 5 приведена характеристика некоторых ТР-гибридов отобранных из 64 генотипов и отражающих их разнообразие по высокой устойчивости к фитофторозу и хозяйственно-ценных признаков, которые рекомендованы для использования в качестве исходных форм в практической селекции.

Таблица 5. Характеристика наиболее ценных индивидуально отобранных по комплексу хозяйственно-ценных признаков трансгрессивных рекомбинантов

Селекционный номер	Происхождение гибридов	Тип скрещивания	Устойчивость к болезням, балл			Средняя урожайность, г/куст	Крахмалистость, %
			фитофторозу		вирусам		
			искусственное заражение	в поле, балл 11.08.-18.08. (2008 г.)			
2651-6	Никулинский х 1976-36	У х У	-	9-8	8,0	1000	20,2
2702-1	2470-42 х 2501-13	У х У	8,4	8-8	8,5	1015	16,4
2719-7	2414-73 х Кондор	У х С	8,1	8-6,5	8,5	1127	-
2730-3	2501-21 х Аусония	У х Н	7,7	8-7	8,5	1054	18,9
2730-22	-«»-	У х Н	8,0	8-7	8,5	1542	15,0
2730-24	-«»-	У х Н	8,4	8-8	8,5	1032	-
2701-4	95.16-103 х Нью-Йорк	У х С	8,0	8-7	8,5	1367	-
2670-28	2308-11 х Талисман	У х У	8,7	8,5-8	8,5	970	18,1
2670-26	-«»-	У х У	7,0	9-8,5	8,5	814	14,5
2670-24	-«»-	У х У	9,0	8,5-8	8,5	1325	16,6
2670-50	-«»-	У х У	9,0	8,5-7	8,5	934	14,7
2673-38	2374-22 х 2029-5	У х С	-	8-8	8,5	1000	18,3
2673-26	-«»-	У х С	6,2	8-7,5	8,5	1060	18,0
St.	Никулинский		-	7,5-7	8,0	1123	-

Из представленных гибридов по высоким показателям выделились рекомбинанты от разных типов скрещиваний. В популяциях от скрещивания У х У отобраны рекомбинанты 2651-6 и 2670-2 с полевой устойчивостью 9-8 и 9-8,5 баллов и уро-

жайностью 1000 и 814 г/куст соответственно. В этих же популяциях сочетанием высокой полевой устойчивости (8,5-8 баллов) и высокой урожайности (1325 г/куст) характеризуется гибрид 2670-24 и гибрид 2702-1 с устойчивостью 8-8 баллов и урожайностью 1045 г/куст.

В популяциях от скрещивания У х С и С х У выделено четыре гибрида с относительно высокими показателями урожайности и неравномерно варьирующей степенью устойчивости. Результаты их испытания показали, что использование среднеспелых и среднеранних родителей в накапливающих скрещиваниях позволяет успешно повышать в потомстве уровень урожайности, но не всегда – уровень полевой устойчивости. Из 4-х генотипов У х С и С х У в двух отмечено снижение устойчивости на 1-1,5 балла через неделю испытания и в двух из популяций У х Н – на 1 балл.

Однако в единичных случаях в этих вариантах достигается перекомбинация между урожайностью и полевой устойчивостью. Частота таких генотипов очень низкая и составляет по одному рекомбинанту на тип скрещиваний. К их числу относится упомянутый выше гибрид 2670-24 от скрещивания У х У. Из популяций У х С такими являются гибриды 2673-38 (8-8 баллов, 1050 г/куст) и 2673-26 (8-7,5 баллов, 1060 г/куст). Из популяций У х Н эффективным рекомбинантом является гибрид 2730-24 (8-8 баллов, 1032 г/куст).

Наряду с этими генотипами отобраны другие высокоурожайные гибриды с относительной устойчивостью, ценные для использования в скрещиваниях. К ним относится из популяций У х С гибрид 2701-4 (8-7 балла, 1367 г/куст), гибрид 2719-7 (8-6,5 баллов, 1127 г/куст). Из популяции У х Н выделены два высокоурожайных гибрида: 2730-22 (8-7 баллов, 1542 г/куст) и 2730-3 (8-7 баллов, 1054 г/куст).

Отселектированные нами гибриды с устойчивостью 8-8,5 балла перспективны в качестве исходного материала для получения путем накапливающих скрещиваний нового поколения устойчивых форм с баллом 9, и возможно с относительно ранними сроками созревания.

Все выделенные стабильные по полевой устойчивости к фитофторе и урожайные рекомбинантные генотипы переведены в генетическую коллекцию и являются ценным исходным материалом для использования в программе селекции.

ВЫВОДЫ

1. В результате оценки 31 гибридной популяции по степени изменчивости количественного признака полевой устойчивости к фитофторозу установлено, что основными критериями отбора высокоустойчивых популяций при естественном и искусственном заражении являются два биометрических параметра – показатели средней популяционной и частоты встречаемости генотипов с баллами 7-9.

2. При использовании трех методов оценки (искусственного заражения, учета в поле в период эпифитотий и применения метода AUDPC) по высоким показателям полевой устойчивости к фитофторозу при испытании 21 популяции выделены одни и те же четыре популяции (2649, 2651, 2702 и 2719), имеющие наиболее стабильную устойчивость. При искусственном заражении высокой степенью полевой устойчивости кроме стабильных характеризовались также популяции 2670, 2677, 2678, 2674. При оценке в поле в период эпифитотий дополнительно к стабильным выделились популяции 2602, 2704, 2711, 2718, что совпало с оценкой методом AUDPC.

3. Использование минимального набора стандартных сортов с известными типами устойчивости – двух с R-генами (Жуковский ранний - R₃ и Невский - R₁R₂) и двух не содержащих R-гены, но отличающихся высокой полевой устойчивостью – Луговской, Никулинский (7-7,5 баллов) позволяет контролировать характер и вредоносность эпифитотий фитофтороза в рамках селекционных целей и служит надеждой границей отбора ценных генотипов с более высоким уровнем полевой устойчивости при искусственном и естественном заражении.

4. Применение универсального показателя AUDPC для оценки степени полевой устойчивости гибридных популяций в условиях трех различных эпифитотий фитофтороза позволило установить, что этот метод отличается большой трудоемкостью по сравнению с оценкой на их фоне стандартных сортов, поскольку он требует не менее трех полевых оценок за вегетацию с интервалами между ними в несколько дней. В условиях короткого вегетационного периода этот метод не всегда применим.

5. При оценке 31 гибридной популяции трансгрессивные рекомбинанты, отличающиеся высоким уровнем полевой устойчивости и комплексом

хозяйственно-ценных признаков, были выделены в 25 популяциях (80,6% от числа изученных). ТР-гибриды с устойчивостью 7-7,9 баллов отобраны в 21 популяции, ТР-гибриды более высокого уровня устойчивости (8-9 баллов), отобраны в 14 популяциях. Частота рекомбинантов с устойчивостью 7-7,9 и 8-9 баллов в популяциях была примерно одинаковой и составляла 0,5-6,7% и 0,6-6,3% - соответственно.

6. Средняя частота встречаемости ТР-гибридов повышалась по годам исследований (2005-2008), что было обусловлено повышением средней степени полевой устойчивости популяций с 5,1 балла в 2005 г. до 7,5 баллов в 2008 г. Увеличилась также доля популяций, имеющих ТР-гибриды с устойчивостью 8-9 баллов – с 32,2% до 85,7%. Отсутствие в единичных популяциях с высокой степенью устойчивости (2649, 2718) ТР-гибридов с баллами 8-9 позволяет заключить, что родительские формы этих популяций обладают низкой комбинационной способностью по хозяйственно-полезным признакам

7. По результатам анализа гибридных популяций от разных типов накапливающих скрещиваний определена частота генотипов, сочетающих высокую полевую устойчивость к фитофторозу с высокой урожайностью. Доля ТР-гибридов с урожайностью 1100 г/куст и выше в популяциях всех типов скрещиваний без учета степени устойчивости была примерно одинаковой и составляла в варианте У х У – 23,1%, в варианте У х С – 23,8%, в варианте У х Н – 25%. В классах более высокой урожайности (1200 г/куст и выше) в варианте У х У распределилось 10,4% гибридов, в варианте У х С – 4,8%. Поскольку уровень полевой устойчивости ТР-гибридов в популяциях У х У значительно выше, этот вариант имеет преимущество для использования в селекционном процессе.

8. По результатам индивидуальной оценки отобранных ТР-гибридов установлены существенные различия между ними по стабильности признака полевой устойчивости, проявляемой в способности не снижать уровень полевой устойчивости или снижать незначительно, что проверено в течение 7-дневного периода наблюдений в эпифитотию фитофтороза 2008 г. При испытании 64 рекомбинантов по показателям высокой стабильности выделен 41 генотип (64,1% от изученных), в том числе 17 – без снижения устойчивости и 26 – с незначительным снижением (не более 0,5 балла).

9. Исходные формы для использования в селекции на полевую устойчивость к фитофторозу отобраны среди ТР- гибридов 18 популяций. Из них по частоте отбора выделилось 9 популяций (2651, 2663, 2670, 2673, 2674, 2677, 2712, 2719, 2730), которые содержали большую часть отобранных генотипов (49 форм или 76,5% от оцененных). Эффективность отбора исходных форм зависела от типа накапливающих скрещиваний и была в 2 раза выше в популяциях от скрещивания двух устойчивых родителей ($У \times У$), чем от скрещивания устойчивых родительских форм со среднеустойчивыми ($У \times С$ и $С \times У$).

10. Частота рекомбинантных генотипов, превосходящих по устойчивости родительские формы, зависела от типа накапливающих скрещиваний. Рекомбинанты с баллом 9 и большая часть рекомбинантов с баллом 8,5 (9 из 11) получены от скрещиваний $У \times У$. Большинство генотипов с баллом 8 выделены в основном в вариантах скрещиваний: $У \times С$. Эти данные подтверждают еще одно преимущество накапливающих скрещиваний $У \times У$, включающее создание генотипов с наиболее высоким уровнем полевой устойчивости.

11. При скрещивании устойчивых родителей между собой, достигаются высокие темпы повышения уровня полевой устойчивости в потомстве наряду с увеличением показателей средней популяционной и частоты встречаемости высокоустойчивых гибридов, наблюдается селекционный сдвиг в уровне устойчивости. Вследствие трансгрессивного расщепления скрещивание родителей с устойчивостью 7-7,5 баллов привело к выщеплению генотипов с баллами 9 и 8,5. Накапливающие скрещивания $У \times У$ оказали влияние на повышение частоты гибридов более высокого уровня устойчивости и более высокую результативность отбора исходных форм.

РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКОЙ СЕЛЕКЦИИ

1. Для селекции в направлении полевой устойчивости к фитофторозу рекомендуется использовать в накапливающих скрещиваниях рекомбинантные генотипы выделенные в девяти популяциях: 2651 (Никулинский х 1976-36); 2663 (2414-73 х Наяда); 2670 (2308-11 х Талисман); 2673 (2374-22 х 2029-5); 2674 (2374-22 х Русский сувенир); 2677 (Никулинский х 1976-36); 2712 (2387-21 х 128-6); 2719 (2414-79 х Кондор); 2730 (2501-21 х Аусония).

2. Для расширения генетической изменчивости популяций по количественному признаку полевой устойчивости и комплексу других хозяйственно-ценных признаков целесообразно проводить подбор исходных родительских форм для скрещивания по высокой и стабильной полевой устойчивости, различиям в сроках созревания и в происхождении.

3. Для первичного отбора устойчивых к фитофторозу гибридов использовать метод искусственного заражения, который позволяет выделять устойчивые генотипы ранних сроков созревания и проводить селекционный отбор при отсутствии фитофтороза в поле.

Список работ, опубликованных по теме диссертации

Статьи в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК РФ

1. Прохорова О.А. Оценка гибридных популяций картофеля для использования в селекции на полевую устойчивость к фитофторозу / И.М. Яшина, О.А. Прохорова, Л.Н. Кукушкина // Достижения науки и техники АПК. – 2010. - №12. - С. 17-21. (Авт. вклад 50%).

2. Прохорова О.А. Оценка гибридных популяций картофеля по полевой устойчивости к фитофторозу / О.А. Прохорова // Картофель и овощи. – 2012. - № 3. – С. 23-24. (Авт. вклад 100%).

Публикации в иных изданиях

3. Прохорова О.А. Эффективность разных методов отбора и оценки гибридных популяций в селекции картофеля на горизонтальную (полевую) устойчивость к фитофторозу / И.М. Яшина, Л.Н. Коновалова, Л.Н. Кукушкина ... О.А. Прохорова и др.// Вопросы картофелеводства. Актуальные проблемы науки и практики:

Научн. тр. ВНИИКХ. Россельхозакадемия. ВНИИКХ. – М., - 2006.- С. 30-36. (Авт. вклад 40%).

4. Прохорова О.А. Каталог новых исходных форм - доноров полевой (горизонтальной) устойчивости картофеля к фитофторозу / И.М. Яшина, Л.Н. Кукушкина, М.К. Деревягина ... О.А. Прохорова и др.// Каталог. Рос. акад. с.х. наук. ВНИИКХ. - М., - 2007.- 35с. (Авт. вклад 40%).

5. Прохорова О.А. Методы создания и использования нового исходного материала для селекции картофеля на полевую (горизонтальную) устойчивость к фитофторозу / И.М. Яшина, Л.Н. Коновалова, Л.Н. Кукушкина ... О.А. Прохорова и др.// Методические рекомендации. Рос. акад. с.х. наук. ВНИИКХ. - М.,- 2008.- 39с. (Авт. вклад 40%).

6. Прохорова О.А. Доноры и генетические источники для использования в селекционном процессе картофеля / И.М. Яшина, Л.Н. Коновалова, Н.Н. Морозова ... О.А. Прохорова и др.// Каталог. Рос. акад. с.х. наук. ВНИИКХ. – М., - 2009. - 23с. (Авт. вклад 40%).

7. Прохорова О.А. Методы создания и использования нового исходного материала для селекции картофеля на полевую (горизонтальную) устойчивость к фитофторозу / И.М. Яшина, Е.А. Симаков, Л.Н. Коновалова ... О.А. Прохорова и др.// Методические указания. Рос. акад. с.х. наук. ВНИИКХ. – М., - 2009. - 35с. (Авт. вклад 40%).

8. Прохорова О.А. Роль сорта в системе интегрированной защиты картофеля от фитофтороза / И.М. Яшина, О.А. Прохорова// Перспективы инновационного развития картофелеводства: Материалы научно-практической конференции. – Чебоксары: КУП ЧР «Агро-Инновации», - 2009. - С. 55-57. (Авт. вклад 50%).

9. Прохорова О.А. Создание нового исходного материала для наиболее важных направлений селекции картофеля / Е.А. Симаков, И.М. Яшина, Н.П. Складорова ... О.А. Прохорова и др.// Использование мировых генетических ресурсов ВИР в создании сортов картофеля нового поколения: Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения академика К.З. Будина/Под общ. ред. Дзюденко Н.И. СПб., - 2009. - С. 15-22. (Авт. вклад 30%).

10. Прохорова О.А. Доноры и генетические источники для использования в селекционном процессе картофеля / И.М. Яшина, Е.А. Симаков, Н.Н. Морозова ...

О.А. Прохорова и др.// Каталог. Рос. акад. с.х. наук. ВНИИКХ. – М., - 2010. - 27с. (Авт. вклад 40).

11. Прохорова О.А. Методические указания по повышению эффективности интрогрессивной гибридизации в селекции картофеля / И.М. Яшина, Е.А. Симаков, О.А. Прохорова // Методические рекомендации. Рос. акад. с.х. наук. ВНИИКХ. – М., - 2010. - 24с. (Авт. вклад 40).

12. Прохорова О.А. Сравнительная оценка влияния сверхчувствительности и полевой устойчивости на степень защиты картофеля от фитофтороза / И.М. Яшина, О.А. Прохорова, М.К. Деревягина и др.// Культурные растения для устойчивого сельского хозяйства в XXI веке. М., - 2011. - Том IV. Часть 1. – С. 443-453. (Авт. вклад 40).

13. Прохорова О.А. Эффективность отбора на полевую устойчивость картофеля к фитофторозу по разным параметрам оценки признака в потомстве / И.М. Яшина, О.А. Прохорова// Картофелеводство: Сборник научных трудов. Материалы научно-практической конференции и координационного совещания современные тенденции и перспективы развития селекции и семеноводства картофеля (к 80-летию ВНИИКХ) / Под ред. А.А. Симакова. Рос. акад. с.х. наук. ВНИИКХ. – М., - 2011.- С. 60-73. (Авт. вклад 50).

14. Prohorova O.A. Results and perspectives of potato breeding for resistance to diseases / E.A. Simakov, I.M. Yashina, V.A. Biryukova ... O.A. Prohorova et.al.// The 18th Triennial conference of the European Association for Potato Research. Oulu-Finland. - 2011. - P. 87. (Авт. вклад 25%).

15. Прохорова О.А. Эффективные методы оценки полевой устойчивости к фитофторозу в селекционном процессе картофеля / И.М. Яшина, О.А. Прохорова // Современное состояние и перспективы развития картофелеводства: Материалы IV научно-практической конференции.- Чебоксары: КУП ЧР «Агро-Инновации», - 2012. - С. 24-28. (Авт. вклад 50%).

16. Прохорова О.А. Методические аспекты селекции картофеля в направлении повышения уровня полевой (горизонтальной) устойчивости к фитофторозу / И.М. Яшина, О.А. Прохорова // Материалы международной научно-практической конференции посвященной 125-летию со дня рождения Н.И. Вавилова. – Московская область, Большие Вяземы, - 2012 г. - С. 440-448. (Авт. вклад 50%).