Список литературы

1. Черемисин А.И., Дергачева Н.В. Характеристика коллекции сортов картофеля по раннеспелости в условиях Лесостепи Западной Сибири // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30. № 10. С. 35–37.
2. Коршунов А.В., Симаков Е.А., Лысенко Ю.Н. и др. Актуальные проблемы и приоритетные направления картофелеводства // Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32. № 3. С. 12–20.
3. Логинов Ю.П., Казак А.А., Кендус К.А. и др. Урожайность и качество сортов картофеля отечественной селекции в условиях Тюменской области // Эколого-географическое испытание новейших сортов картофеля для внедрения в производство. Всероссийская научно-практическая конференция. 25 июля 2018 г., Сыктывкар, 2018. С. 59–64.
4. Журавлева Е.В., Кабунин А.А., Кабунина И.В. Аспекты организации селекции и семеноводства картофеля в России – проблемы и возможные пути их решения // Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32. № 10. С. 5–10.
5. Методические указания по поддержанию и изучению мировой коллекции картофеля / Киру С.Д., Костина Л.И., Трускинов Э.В. и др. Санкт-Петербург: ГНУ ГНЦ ВИР РФ, 2010. 27 с.
6. Симаков Е.А., Яшина И.М., Склярова Н.П. Селекция картофеля в России: общие тенденции и достижения // Достижения науки и техники АПК. 2007. № 7. С. 6–11.
7. Костина Л.И., Косарева О.С. Генеалогия отечественных сортов картофеля: монография / Л.И. Костина, О.С. Косарева – СПб: ВИР, 2017. 72 с.
8. Картофель России Том I – селекция, семеноводство, сертификация / Под ред. А.В. Коршунова // М., 2003. 412 с.
9. Горбатенко Л.Е. Виды картофеля Южной Америки (Экология, география, интродукция, систематика, селекционная значимость): монография / Л.Е. Горбатенко – СПб: ВИР, 2006. 456 с.

DOI 10.18699/GPB2020-108

Повышение эффективности селекции картофеля на улучшение питательной ценности клубней

Симаков Е.А., д.с.-х.н., проф., зав. отделом экспериментального генофонда, Митюшкин Алексей В., к.с.-х.н., зав. лаб. селекции сортов для переработки, Журавлев А.А., с.н.с., Митюшкин Александр В., с.н.с., Гайзатулин А.С., н.с., Салюков С.С., н.с., Овечкин С.В., н.с., Семенов В.А., н.с.
ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт картофельного хозяйства им. А.Г.Лорха, Красково, Московская область, РФ.
e-mail: vniikh@mail.ru

В статье представлены результаты изучения эффективности использования более 70 гибридов-беккроссов в качестве доноров комплекса хозяйственно ценных признаков при реализации важнейших направлений се-

лекции на основе оптимальных вариантов гибридизации и отбора селекционно ценных генотипов для улучшения питательной ценности клубней картофеля. Идентификация генотипов, сочетающих крахмалистость и урожайность, отмечена только на уровне средней популяционной, совпадающей со средней крахмалистостью родителей. Результативность отбора низкрахмалистых форм значительно выше, поскольку снижение уровня проявления признака не имеет отрицательной корреляции с урожайностью. Установлена высокая корреляционная связь (+0,897) содержания белка в клубнях родительских форм со средней белковостью потомства, что подтверждает наличие контроля этого признака аддитивно действующими полигенами. Использование выделенных сортообразцов в качестве доноров комплекса хозяйственно полезных признаков позволяет ускорить селекционный процесс и сократить затраты на создание новых сортов картофеля с улучшенной питательной ценностью клубней.

Ключевые слова: картофель, селекция, питательная ценность, крахмалистость, белковость.

Increasing the efficiency of potato breeding to improve the nutritional value of tubers

E.A. Simakov, A.V. Mityushkin, A.A. Zhuravlev, A.V. Mityushkin, A.S. Gaizatulin, S.S. Salukov, S.V. Ovechkin, V.A. Semenov.

Lorch potato research Institute, Kraskovo, Moscow region, Russia, E-mail: vniikh@mail.ru.

The article presents the results of studying the effectiveness of using more than 70 hybrids-backcrosses as donors of a complex of economically valuable traits in the implementation of the most important areas of breeding on the basis of optimal hybridization options and selection of valuable genotypes to improve the nutritional value of potato tubers. Identification of genotypes that combine starchiness and productivity is only measured at the level of the average population, which coincides with the average starchiness of the parents. The effectiveness of selecting low-starch forms is much higher, since the decrease in the level of manifestation of the trait does not have a negative correlation with productivity. A high correlation was established (+0.897) of the protein content in tubers of parent forms with the average protein content of the offspring, which confirms the presence of control of this feature by additive acting polygens. The use of selected varieties as donors of a complex of economically useful features allows to speed up the selection process and reduce the cost of creating new varieties of potatoes with improved nutritional value of tubers.

Key words: potato, breeding, nutritional value, starch content, protein content.

Широкому распространению картофеля по всем континентам способствует высокая питательная ценность клубней, обусловленная содержанием комплекса веществ, столь необходимых для здорового питания человека: крахмала, полноценного белка, небелковых соединений (свободные аминокислоты и амиды), органических кислот, сахара, минеральных веществ, витаминов, жиров и липидов [1, 2]. Поэтому в последние годы селекционные программы по картофелю осуществляются с учетом новых требований потребителей, связанных с необходимостью улучшения качества питания в жизни человека – снижения калорийности пищи и повышения содержания биологически активных веществ [3]. В этой связи целью настоящего исследования является привлечение новых доноров в качестве компонентов интрогрессивной гибридизации для получения селекционного материала с комплексом хозяйственно полезных признаков, определяющих конкретное целевое использование вновь создаваемых сортов картофеля.

Условия, материал и методы исследований. В качестве исходного материала использовали гибриды-беккроссы, полученные от диких и культурных видов картофеля (*S. chc.*, *S. vrn.*, *S. sto.*, *S. dms.*, *S. adg.*) с генами иммунитета к вирусам X и Y, полевой устойчивостью к фитофторозу и комплексом важнейших хозяйственно полезных признаков. В процессе исследований изучено более 2000 гибридных популяций от скрещиваний беккроссов высоких поколений с селекционными сортами различного происхождения. Селекционные питомники закладывали в соответствии с методикой ВНИИКС (2006) на экспериментальной базе «Пышлицы» Шатурского района Московской области. Крахмалистость определяли по удельному весу, фракционный состав крахмальных гранул - безмикроскопным методом, а содержание белка в клубнях оценивали рефрактометрически. Генетический анализ гибридных популяций по хозяйственно полезным признакам осуществляли в первом клубневом поколении, выращивая не менее 100 генотипов. Экспериментальные данные подвергали математической обработке с использованием пакета прикладных программ «ПК AB-Stat.V-1.1.».

Результаты исследований. При оценке крахмалистости клубней в гибридных популяциях картофеля, проведенной в разные по метеоусловиям годы установлено, что амплитуда ее варьирования в популяциях в 2018 г., благоприятном для формирования признака, составляла 14,5–22,3 % (табл. 1). В неблагоприятных условиях для образования крахмала (избыточная влажность, слабая солнечная инсоляция, низкие температуры) широта варьирования признака резко уменьшалась, а нижняя граница изменчивости признака составляла 8,9 %.

Таблица 1 – Изменчивость крахмалистости клубней в гибридных популяциях картофеля в различных условиях вегетации

Происхождение гибридной популяции	Испытано гибридов, шт.	Средняя крахмалистость, % ($\bar{X} \pm Sx$)	Пределы варьирования, % (min-max)	Коэффициент вариации, % (C_v)	Отобрано гибридов с крахмалистостью $\geq 17\%$
2018 г.					
Фрителла х Зарево	162	19,2 $\pm$ 0,82	16,2-27,6	29,35	43,1
Кребелла х Адретта	142	17,3 $\pm$ 0,61	14,7-20,4	25,70	29,2
Адретта х Инноватор	168	18,1 $\pm$ 0,54	15,9-21,2	24,36	30,4
Никулинский х Зарево	184	18,8 $\pm$ 0,78	15,6-22,3	26,13	36,2
Фрителла х Адретта	172	17,5 $\pm$ 0,64	14,5-22,0	28,71	41,0
2019 г.					
88.16/20 х Зарево	154	14,0 $\pm$ 0,75	10,9-18,4	19,11	20,8
Нида х Сатурна	175	15,3 $\pm$ 0,48	12,2-18,2	18,75	21,4
1977-76 х Зарево	172	16,2 $\pm$ 0,49	12,8-18,8	16,41	24,6
Сантана х Инноватор	153	14,9 $\pm$ 0,36	11,4-17,7	20,72	22,9
946-3 х Журавинка	144	13,5 $\pm$ 0,29	8,9-16,9	25,81	18,1
HCP _{0,05}		0,72			

Одновременно выявлено, что накапливающие скрещивания высококрахмалистых родителей между собой существенно повышают уровень этого признака в потомстве, однако отрицательная корреляция с урожайностью ограничивает результативность отбора ценных рекомбинантов. Поэтому наиболее эффективным методом повышения средней популяционной является подбор высококрахмалистых родительских форм, отличающихся генетической отдаленностью, при котором перекомбинация высокой крахмалистости и урожайности осуществляется за счет трансгрессивного рекомбиногенеза.

При селекции на повышенную крахмалистость по результатам оценки гибридов с высоким уровнем признака (19–21 %) установлено, что некоторые из них характеризовались крупными крахмальными зёрнами (>60 мкм), доля которых составляла более 50 % (табл. 2). Это обуславливает возможность целенаправленного отбора генотипов с высоким качеством крахмала, учитывая важность картофельного крахмала в повседневном питании человека.

Таблица 1 – Оценка высококрахмалистых гибридов по размеру крахмальных гранул

Происхождение гибридов	Крахмалистость, %	Содержание крахмальных гранул по фракциям, %		
		≥ 60 мкм	40-59 мкм	≤ 39 мкм
Кребелла х Адретта	19,2	50,6	37,1	12,3
Фрителла х Адретта	19,8	52,4	38,2	9,4
Адретта х Инноватор	20,2	55,7	36,7	7,6
Никулинский х Зарево	20,8	60,2	31,6	8,2
Фрителла х Зарево	21,1	61,5	31,1	7,4
НСР _{0,05}	0,59			

Однако, для диетических целей наиболее эффективно использовать низкокрахмалистые сорта, которые существенно снижают риск включения углеводов в рацион питания. Селекция в направлении низкой крахмалистости осуществляется значительно легче по сравнению с селекцией высококрахмалистых генотипов, поскольку снижение уровня проявления признака не имеет отрицательной корреляции с урожайностью. Отбор низкокрахмалистых форм необходимо проводить в оптимальных условиях для формирования признака и оценивать потенциал отобранного генотипа по верхней границе крахмалонакопления.

При селекции на повышение содержания белка в клубнях установлено довольно значительная изменчивость признака в зависимости от условий вегетации и генотипических особенностей гибридных популяций, варьирующая от 0,8 до 3,2 % (табл. 3).

Таблица 3 – Изменчивость содержания белка в клубнях гибридных популяций картофеля (2018 г.)

Происхождение гибридных популяций	Содержание белка в клубнях родительских форм, %		Испытано гибридов, шт.	Среднее содержание белка в клубнях гибридного потомства, % ($\bar{X} \pm Sx$)	Коэффициент вариации, % (C_v)	Распределение гибридов по классам белковости, %							
	♀	♂				менее 1,00	1,00-1,39	1,40-1,79	1,80-2,19	2,20-2,59	2,60-2,99	3,00 и более	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
Русский сувенир х Накра	1,9	2,0	100	1,93±0,04	20,9	1	6	17	20	30	22	4	
Памяти Рогачева х Никулинский	1,6	2,0	102	1,63±0,04	22,7	8	10	29	35	17	3	-	
Антонина х Василек	1,9	2,0	101	1,92±0,05	26,5	7	5	9	27	23	19	11	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Крепыш х Накра	1,1	1,5	105	1,53±0,06	28,5	18	17	28	22	11	9	-
Ирбитский х Фрителла	1,0	1,5	104	1,21±0,03	24,5	28	39	21	7	5	4	-
Фрителла х Накра	2,2	2,0	100	1,47±0,04	29,9	12	26	32	15	8	3	4
Матушка х Никулинский	2,5	2,0	100	2,38±0,04	16,7	-	3	2	5	17	34	39
Василек х Свитанок Киевский	2,5	1,5	100	1,73±0,04	23,1	2	9	28	33	18	6	4
НСР _{0,05}				0,48								

Полученные данные показывают, что за счет естественного мейотического рекомбиногенеза в гибридных популяциях возможно увеличение белковости клубней у гибридов в крайних классах вариационного ряда до 3,5–3,9 %, что выше содержания белка в клубнях современных сортов на 1,5–1,9 %. Следует подчеркнуть, что поскольку частота встречаемости гибридов с повышенным содержанием белка невысокая, необходимо оценить 2–4 поколения гибридов от накапливающих скрещиваний при использовании отобранных генотипов в новых циклах гибридизации.

Выводы. В результате использования гибридов-беккроссов, созданных на основе интрогрессии ценных генов от диких и культурных видов (*S. chc.*, *S. vrn.*, *S. sto.*, *S. dms.*, *S. adg.*) в качестве доноров комплекса хозяйственно полезных признаков в скрещиваниях с селекционными сортами, выделены генотипы с высокой крахмалистостью, крупной фракцией крахмальных гранул и повышенным содержанием белка в клубнях. При скрещивании сортообразцов с крахмалистостью 18–19 % в потомстве отмечено трансгрессивное расщепление по крахмалистости, характеризующееся появлением как положительных (высококрахмалистых), так и отрицательных (низкокрахмалистых) генотипов. Среди гибридов с высокой крахмалистостью клубней выявлены образцы, содержащие более 50 % крупных крахмальных гранул (>60 мкм), обуславливающих высокое качество крахмала. При оценке гибридных популяций по белковости клубней установлено увеличение уровня признака у генотипов в крайних классах вариационного ряда до 3,5–4,9 %, что превышает среднее содержание белка контрольных образцов на 1,5–1,9 %. Использование выделенных сортообразцов в качестве доноров комплекса хозяйственно полезных признаков позволяет ускорить селекционный процесс и сократить затраты на создание новых сортов картофеля с улучшенной питательной ценностью клубней.

Список литературы

1. Horton D. La Papa: Produccion, comercializacion y programas / D. Horton // Co-publication of the Internacional Potato Center.-Lima: Editorial Agropecuaria Hemisferio Sur, 2002. – p. 1–270.

2. Haase N.U. Veränderungen der Inhaltsstoffe von Speisekartoffeln durch Lagerung und Verarbeitung / N.U. Haase // Kartoffelbau. – 2002. – v.53. – № 7. – p. 284–289.

3. Шпаар Д. Картофель (выращивание, уборка, хранение) / Д. Шпаар // М.: ООО «ДЛВ Агродело», 2007. – 457 с.

DOI 10.18699/GPB2020-109

Влияние марганца на всхожесть и линейный рост корневой системы ячменя разных сортов

Симонова О.А.^{1}, к.с.-х.н., н.с.; Симонов М.В.², к.т.н., доцент; Товстик Е.В.², к.б.н., доцент.*

¹ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока, г. Киров, Россия;

²ФГБОУ ВО Вятский государственный университет, г. Киров, Россия.

*e-mail: simolga07@gmail.com

В статье приведены результаты исследования влияния ионов марганца (II) в концентрациях 30,0; 60,0 и 90,0 мг/л на растения ячменя. Растения выращивали в водной культуре в течение 7-ми суток. Оценивали 6 сортов ячменя, в том числе 5 из коллекции лаборатории селекции и первичного семеноводства ячменя ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока. Установлено, что исследованные дозы марганца не оказали значимого влияния на прорастание семян. В тоже время с увеличением концентрации марганца в среде для выращивания растений ячменя произошло закономерное уменьшение длины корней. Районированные сорта ячменя, по сравнению со стандартным сортом Белгородский 100, по параметру длина корней и значениям индекса длины корней (ИДК) оказались более устойчивы к исследуемому стрессовому фактору.

Ключевые слова: марганец, стресс, ячмень, всхожесть, длина корня, устойчивость.

Influence of manganese on germination and linear growth of root system of barley of different varieties

*Simonova O. A., candidate agricultural sciences, scientific worker, Federal Agricultural Research Center of North-East named N.V. Rudnitsky, Kirov, Russia, simolga07@gmail.com; Simonov M. V., candidate of technical sciences, associate professor, Vyatka State University, Kirov, Russia; Tovstik E. V., candidate of biology, associate professor, Vyatka State University, Kirov, Russia
tovstik2006@inbox.ru*

The article presents the results of a study of the effect of manganese(II) ions in concentrations of 30.0, 60.0 and 90.0 mg/l on barley plants. The plants were grown in water culture for 7 days. 6 barley varieties were evaluated, including 5