

УДК 635.21:631.526.325:631.524.6/.7.01

<https://doi.org/10.47612/0134-9740-2020-28-18-23>**Г. И. Пискун, Л. Н. Козлова, А. А. Корзан**

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

НАСЛЕДОВАНИЕ ЦВЕТНОЙ МЯКОТИ И СОДЕРЖАНИЯ АНТИОКСИДАНТОВ В ГИБРИДНЫХ КОМБИНАЦИЯХ КАРТОФЕЛЯ, ПОЛУЧЕННЫХ С УЧАСТИЕМ РОДИТЕЛЬСКИХ ФОРМ С РАЗЛИЧНЫМ УРОВНЕМ ЭТИХ ПРИЗНАКОВ

РЕЗЮМЕ

В статье приведены результаты исследований по изучению закономерностей наследования цветной мякоти и содержания антиоксидантов у гибридного потомства картофеля, полученного от скрещивания родительских форм с различным уровнем данных признаков. Предложены эффективные способы подбора исходного материала при селекции на повышение интенсивности цвета мякоти и содержания антиоксидантов. На основании изучения общей и специфической комбинационной способности выделены лучшие родительские формы и гибридные комбинации для создания сортов с высокой общей антиоксидантной способностью и насыщенной цветной мякотью.

Ключевые слова: антиоксиданты, цветная мякоть, наследование, комбинационная способность, исходные формы, комбинации.

ВВЕДЕНИЕ

Картофель для населения Республики Беларусь традиционно является одним из основных продуктов питания (душевое потребление составляет около 200 кг в год). Поэтому неслучайно в настоящее время в селекционных программах большое внимание уделяется повышению его питательной ценности. Особенно это актуально в рамках современной концепции питания человека, когда потребляемый продукт рассматривается в первую очередь с точки зрения здорового питания. Следует отметить, что проведенные исследования позволяют по-новому оценить биохимический состав клубней картофеля. Его пищевую ценность обуславливает сбалансированное соотношение основных питательных веществ: углеводов, протеинов, жиров, витаминов, минеральных веществ и др. [1].

Учитывая важность в настоящее время диетического питания в повышении качества жизни людей, картофель рассматривается как одна из основных культур с высоким потенциалом антиоксидантов. Основное достоинство этих веществ состоит в том, что они блокируют в организме людей вредное действие свободных радикалов, вызывающих окислительный процесс. Благодаря этому антиоксиданты укрепляют иммунную систему, обладают антисклеротическим, антиканцерогенным и антиаллергическим действием и, как следствие этого, снижают риск развития таких опасных болезней, как атеросклероз, онкология, катаракта и др. У картофеля уровень антиоксидантной способности определяется количеством в клубне полифенолов, витамина С, органических

кислот. В состав полифенолов входят природные антоцианины флавоноидной группы, которые ответственны за синий, фиолетовый, красный, оранжевый цвет кожуры и мякоти и представляют огромную ценность как источники антиоксидантов. Ранее проведенными исследованиями доказано, что в клубнях с цветной мякотью данных веществ содержится в 6–7 раз больше, чем с белой и кремовой. Приводятся данные, что в образцах с цветной мякотью накапливается от 48,6 до 63,4 мг% витамина С, что в два раза выше по сравнению с кремовой или белой. По количеству антиоксидантов «цветной» картофель стоит в одном ряду с такими овощами, как брокколи, брюссельская капуста, морковь, шпинат, зеленые культуры, болгарский перец, свекла столовая. Сохранность этих веществ после термической обработки – 66 %, с колебаниями в зависимости от сорта 54–93 % [2]. Поэтому картофель может быть основным поставщиком этих веществ для организма человека, поскольку по потреблению уверенно занимает первое место по сравнению с другими овощами. Кроме антиоксидантных свойств, клубни картофеля с красной и фиолетовой мякотью оцениваются как потенциальные источники для получения естественного красителя, который можно использовать взамен не всегда безопасных синтетических при производстве различных соков.

Исходя из вышеизложенного, картофель, богатый антоцианами, может способствовать появлению новых продуктов на рынке продовольствия, а следовательно, новой отрасли, деятельность которой может быть направлена на улучшение здоровья человека. Потребитель такого продукта может извлечь двойную выгоду – здоровая и недорогая пища, улучшение здоровья с минимальными затратами за счет природного продукта. Следует отметить, что цветные клубни картофеля в США широко используются для изготовления различных продуктов: чипсов, картофеля фри, салатов, которые пользуются большим спросом [3].

Определенный интерес к картофелю с цветной мякотью есть и у населения нашей республики. Поэтому актуальна разработка способов селекции, позволяющих эффективно создавать сорта данного направления. В проведенных нами ранее исследованиях установлены особенности передачи гибридному потомству цветной мякоти в скрещиваниях, в которых материнская форма с фиолетовой ее окраской, а опылитель – со светло-желтой, а также различные типы наследования признака. Следовательно, эффективно подбирать компоненты для гибридизации можно только с учетом оценки их комбинационной способности. В подобных скрещиваниях выделено 14,5–44,0 % гибридов с фиолетовой мякотью различной интенсивности окраски [4]. Аналогичный характер наследования в таких комбинациях выявлен и по содержанию антиоксидантов. Количество форм с общей антиоксидантной активностью более 1 500 ед. в них составило 2,1–60,0 %.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Исследования проводили на опытном поле селекционного севооборота РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству». В качестве материнских форм использовали сорта и гибриды с разной интенсивности фиолетовой мякотью, а опылители – с красной. Почва опытного участка дерново-подзолистая среднесуглинистая, развивающаяся на лессовидном суглинке, характеризующаяся следующими агрохимическими показателями: рН (KCL) – 5,0–6,2, K_2O – 243–315, P_2O_5 – 218–468 мг/кг, содержание гумуса – 1,82–2,11 %. Всего изучено 12 комбинаций и 7 родительских форм. При уборке в каждой комбинации без браковки отбирали по 50 гибридов, которые оценивали по цвету мякоти и содержанию антиоксидантов. Аналогично анализировали родительские формы. Полученные данные подвергнуты статистической обработке.

Показатель степени фенотипического доминирования (hp) определяли по формуле [5]

$$hp = (F_1 - Mp) : (P_{\max} - Mp),$$

где F_1 – среднее значение признака у потомства;

Mp – среднее родителей;

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

Значения эффектов общей и специфической комбинационной способности вычисляли по методике В. К. Савченко [6].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Распределение гибридов по цвету мякоти характеризовалось широким вариационным рядом (табл. 1). Наряду с присущей родительским формам фиолетовой и красной окраской выделены генотипы с белым, кремовым и желтым цветом. Причем в половине комбинаций количество таких форм было достаточно высоким – 31,0–39,6 %, а в целом варьировало от 4,0 до 39,6 %. Не прослеживается определенной зависимости между интенсивностью цветной мякоти у родителей и количеством форм с таким фоном у гибридного потомства. Так, относительно много образцов (31,3 %) с белой, кремовой, желтой окраской мякоти у гибридного потомства выделено в комбинации Солоха×213 фиолетовый-2, в которой оба родителя с интенсивно окрашенной цветной мякотью. И наоборот,

Таблица 1 – Наследование цветной мякоти у гибридного потомства

Происхождение	Интенсивность окраски мякоти, балл				Распределение гибридов по цвету мякоти, %			<i>hp</i> [*]
	♀	♂	среднее родителей	среднее комбинаций	цветная, балл		белая, кремовая, желтая	
					3–5	7–9		
Солоха× 213 фурдыга-43	9	3	6,0	4,1	20,8	39,6	39,6	–0,63
Purple Valley× 213 фиолетовый-2	5	8	6,5	5,8	33,7	48,4	17,9	–0,47
138ху-12-10× 213 фурдыга-43	7	3	5,0	4,1	37,4	31,3	31,	–0,45
Солоха× 213 фиолетовый-2	9	8	8,5	4,8	16,7	31,3	31,3	–7,4
138ху-12-10× 213 фиолетовый-2	7	8	7,5	4,9	35,3	37,3	27,4	–5,28
134у-12-8× 213 фиолетовый-2	8	8	8,0	4,0	38,1	30,1	31,8	–8,0
138ху-12-10× 213 розовый-5	7	9	8,0	6,9	20,0	76,0	14,0	–1,1
Солоха× 213 розовый-5	9	9	9,0	6,3	34,0	52,0	14,0	–5,4
Purple Valley× 213 розовый-5	5	9	7,0	6,6	32,0	64,0	4,0	–0,2
Purple Valley× 213 фурдыга-43	5	3	4,0	4,5	28,0	44,0	28,0	–0,25
134у-12-8× 213 фурдыга-43	8	3	5,5	7,5	34,0	48,0	18,0	0,8
134у-12-8× 213 розовый-5	8	9	8,5	6,5	22,0	66,0	12,0	–4,0

* hp – коэффициент фенотипического доминирования.

РАЗДЕЛ 1. СЕЛЕКЦИЯ КАРТОФЕЛЯ

в гибридной семье Purple Valley×213 фиолетовый-2, в которой один из родителей со средней, а второй – с более интенсивной окраской, таких гибридов было 17,9 %.

Выявлен различный характер наследования цветной мякоти. У 50,0 % комбинаций установлено промежуточное наследование, что указывает на аддитивное действие генов. У такого же количества гибридных семей выявлена депрессия. Данный тип наследования наблюдали в скрещиваниях, где родители были с высоким уровнем проявления признака. Количество форм с интенсивностью цветной мякоти более 7 баллов было достаточно высоким и составило в зависимости от происхождения комбинаций 30,1–76,0 %.

Установлены различные типы наследования содержания антиоксидантов (табл. 2). Четко выраженное доминирование признака у потомства выявлено у 33,3 % популяций. На более низком уровне такой же характер наследования отмечен еще у такого же их количества. Промежуточный характер наследования, указывающий на аддитивное действие генов, наблюдали у двух гибридных семей (16,6 %), у такого же количества отмечалось слабо выраженная депрессия. В исследуемых комбинациях выделено относительно большое количество (6,0–38,0 %) образцов с содержанием антиоксидантов больше 3 000 ед. Достаточно высокой у подобного типа скрещиваний была частота трансгрессий – 28–72 %.

По результатам оценки эффектов общей (ОКС) и специфической (СКС) комбинационной способности выделены перспективные исходные формы и гибридные комбинации для использования в селекции сортов с высокой суммарной антиоксидантной способностью, а также хорошо передающие цветную окраску мякоти (табл. 3, 4). Как видно из приведенных данных, высокой общей комбинационной способностью по

Таблица 2 – Наследование антиоксидантов гибридным потомством картофеля

Происхождение	Содержание антиоксидантов, ед.				% форм > 3000 ед.	% трансгрессий	<i>h_p</i>
	♀	♂	среднее родителей	среднее комбинаций			
Солохах 213 фурдыга-43	2 434	1 107	1 771	1 790	14,0	28,0	0,03
Purple Valley× 213 фиолетовый-2	1 690	1 827	1 758	2 029	13,5	57,2	3,9
138ху-12-10× 213 фурдыга-43	1 390	1 107	1 249	2 419	38,0	68,0	8,3
Солохах 213 фиолетовый-2	2 434	1 827	2 131	2 528	32,0	56,0	1,3
138ху-12-10× 213 фиолетовый-2	1 390	1 827	1 608	2 425	35,3	64,7	3,7
134у-12-8× 213 фиолетовый-2	1 352	1 827	1 589	2 262	25,5	57,4	2,6
138ху-12-10× 213 розовый-5	1 390	2 073	1 732	2 528	22,0	62,0	2,3
Солохах 213 розовый-5	2 434	2 073	2 254	2 187	24,0	40,0	–0,4
Purple Valley× 213 розовый-5	1 690	2 073	1 882	1 765	8,0	30,0	–0,5
Purple Valley× 213 фурдыга-43	1 690	1 107	1 399	1 553	6,0	40,0	0,5
134у-12-8× 213 фурдыга-43	1 352	1 107	1 230	2 035	14,0	72,0	6,6
134у-12-8× 213 розовый-5	1 352	2 073	1 712	2 327	34,0	56,0	1,7

РАЗДЕЛ 1. СЕЛЕКЦИЯ КАРТОФЕЛЯ

Таблица 3 – Оценки эффектов ОКС

♀	Значения эффектов	♂	Значения эффектов
Антиоксиданты			
Солоха	+14	213 фиолетовый-2	+157
Purple Valley	–372	213 фурдыга-43	–205
134у-12-8	+54	213 розовый-5	+48
138ху-12-10	+303	–	–
Цветная мякоть			
Солоха	–0,4	213 фиолетовый-2	–0,6
Purple Valley	0,1	213 фурдыга-43	0,4
134у-12-8	0,5	213 розовый-5	1,1
138ху-12-10	–0,2	–	–

Таблица 4 – Оценки эффектов СКС

♀	♂		
	213 фиолетовый-2	213 фурдыга-43	213 розовый-5
Антиоксиданты			
Солоха	+203	–173	–29
Purple Valley	+90	–24	–65
134у-12-8	–103	+32	+71
138ху-12-10	–189	+167	+23
Цветная мякоть			
Солоха	+0,33	–0,52	+0,15
Purple Valley	+0,77	–0,68	–0,13
134у-12-8	–1,40	+1,95	–0,6
138ху-12-10	0,20	–0,75	+0,5

содержанию антиоксидантов из материнских форм характеризуется гибрид 138ху-12-10, в меньшей степени сорт Солоха и гибрид 134у-12-8, из отцовских – 213 фиолетовый-2. Положительное значение этого показателя также у гибрида 213 розовый-5. По передаче потомству цветной мякоти выделяется из материнских форм гибрид 134у-12-8, из отцовских – 213 розовый-5, в меньшей степени это характерно для образца 213 фурдыга-43. Положительные эффекты ОКС по обоим признакам у образцов 134у-12-8, 213 розовый-5.

Значительное количество форм с высокой антиоксидантной способностью можно выделить в комбинациях Солоха×213 фиолетовый-2, 138ху-12-10×213 фурдыга-43, 134у-12-8×213 розовый-5, Purple Valley×213 фиолетовый-2. Перспективны для отбора образцов с цветной мякотью скрещивания 134у-12-8×213 фурдыга-43, Purple Valley×213 фиолетовый-2, 138ху-12-10×213 розовый-5.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований у гибридного потомства выявлена высокая степень изменчивости содержания антиоксидантов и цвета мякоти, что подтверждает возможность выделения образцов с высоким значением данных признаков, количество которых варьировало от 28,0 до 72,0 % по антиоксидантам и от 30,1 до 66,0 % по цвету мякоти.

Установлены различные типы наследования антиоксидантов и пигментированной мякоти. Следовательно, эффективно вести селекционную работу на повышение данных признаков можно при условии использования в гибридизации родителей с высокой комбинационной способностью.

Высокой ОКС по антиоксидантам характеризуются гибриды, используемые в качестве материнских форм: 138ху-12-10, 134у-12-8, опылителей: 213 фиолетовый-2;

по передаче потомству цветной мякоти из материнских форм: 134у-12-8, отцовских: 213 розовый-5, 213 фурдыга-43.

Относительно высокие положительные показатели эффектов СКС по содержанию антиоксидантов установлены в комбинациях 138ху-12-10×213 фурдыга-43, 134у-12-8×213 розовый-5, Солоха×213 фиолетовый-2, Purple Valley×213 фиолетовый-2; по цветной мякоти: 138ху-12-10×213 розовый-5, Purple Valley×213 фиолетовый-2, 134у-12-8×213 фурдыга-43. Эти популяции перспективны при селекции на повышение уровня данных признаков.

Список литературы

1. Симаков, Е. А. Современный взгляд на питательную ценность картофеля и новые возможности селекции столовых сортов / Е. А. Симаков // Современное состояние и перспективы развития картофелеводства : материалы IV науч.-практ. конф., Чебоксары, 16 февр. 2012 г. – Чебоксары : Агро-Иновации, 2012. – С. 16–21.
2. Мелешина, О. А. Селекция на повышение содержания антиоксидантов в клубнях картофеля / О. А. Мелешина, А. А. Мелешин // Селекция и семеноводство картофеля / О. А. Мелешина, А. А. Мелешин. – Чебоксары, 2020. – С. 42–48.
3. Киру, С. Д. Генетические ресурсы картофеля для новых направлений селекции / С. Д. Киру // Картофелеводство. Результаты исследований, инновации, практический опыт : материалы науч.-практ. конф. и координ. совещания «Научное обеспечение и инновационное развитие картофелеводства», Москва, 6–7 авг. 2008 г. – М., 2008. – Т. 1. – С. 49–56.
4. Оценка родительских форм по передаче гибридному потомству цветной кожуры и мякоти клубней / Г. И. Пискун [и др.] // Картофелеводство : сб. науч. тр. / Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству ; редкол.: С. А. Турко (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2015. – Т. 23. – С. 19–26.
5. Оценка гибридных комбинаций по наследованию потомством высокого содержания антиоксидантов / Г. И. Пискун [и др.] // Картофелеводство : сб. науч. тр. / Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству ; редкол.: С. А. Турко (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2016. – Т. 24. – С. 25–32.
6. Савченко, В. К. Генетический анализ в сетевых пробных скрещиваниях / В. К. Савченко. – Минск : Наука и техника, 1984. – С. 223.

Поступила в редакцию 21.12.2020 г.

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

INHERITANCE OF COLORED PULP AND ANTIOXIDANT CONTENT IN HYBRID COMBINATIONS OF POTATOES PRODUCED WITH PARENTAL FORMS WITH DIFFERENT LEVELS OF THESE FEATURES

SUMMARY

The research results on the patterns of inheritance of colored pulp and the content of antioxidants in hybrid potatoes offspring obtained from crossing parent forms with a high level of these characteristics are presented in the article. Effective methods for selecting the source material for selection to increase the intensity of the colored pulp and the content of antioxidants are proposed. Based on the research of general and specific combination ability, the best parent forms and hybrid combinations for creating varieties with a high overall antioxidant capacity and rich colored flesh are identified.

Key words: antioxidants, colored pulp, inheritance, combining ability, original forms, combinations.