

УДК 635.21

ОЦЕНКА СЕЛЕКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА КАРТОФЕЛЯ: ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИГОДНОСТИ КЛУБНЕЙ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ ПЕРЕРАБОТКИ

С.Н. Черезов, А.Т. Гизатуллина, З. Сташевски

Аннотация

На основе гибридной популяции картофеля проведена оценка селекционного материала по морфологическим, технологическим и биохимическим показателям. Выявлен полиморфизм внутри исследуемой гибридной популяции по продуктивности, качественным показателям клубней, содержанию редуцирующих сахаров и степени потемнения сырой мякоти клубней. Определены гибриды картофеля, устойчивые к потемнению сырой мякоти клубней, пригодные для создания сортов, клубни которых могут быть использованы в производстве картофелепродуктов.

Ключевые слова: картофель, селекция, гибриды, переработка, биохимия.

Введение

Производство картофелепродуктов является одним из факторов решения проблемы постоянного и полноценного обеспечения населения продовольствием, поэтому неслучайно во многих развитых странах мира наблюдается снижение потребления картофеля и увеличение потребления продуктов его переработки [1]. В последние десятилетия селекция картофеля ведется с особым вниманием к таким требованиям, как целевое использование урожая, повышение качества и биологической ценности клубней с учетом перспективы промышленной переработки на комплекс картофелепродуктов, среди которых хрустящий картофель занимает лидирующие позиции по объему производства [2].

Во многих странах мира наблюдается заметная тенденция к расширению производства продуктов из картофеля, приготовленных на специализированных предприятиях. Так, на протяжении последних 10 лет в США на картофелепродукты перерабатывается более 50% урожая, в Англии – более 20%, в Голландии объем переработки с 1960 по 1998 гг. увеличился с 5% до 55%. Аналогичная тенденция отмечена в Польше, Чехии, Германии, Китае [3].

В связи с этим создание новых сортов и гибридов картофеля, пригодных для промышленной переработки, является актуальным направлением научных исследований. Цель нашей работы – оценка селекционного материала по морфологическим, технологическим, биохимическим показателям для выведения высокопродуктивных сортов, пригодных для использования в производстве картофелепродуктов.

1. Материалы и методы исследования

Объектом исследования служила гибридная популяция картофеля, полученная при скрещивании сорта Утенок (Пензенский НИИСХ, ВНИИ картофельного хозяйства) и сложного межвидового гибрида 50-03, произведенного во ВНИИ защиты растений (г. Санкт-Петербург) на основе 5 диких видов картофеля (сорт Дезире *Solanum tuberosum* L., *S. polytrichom*, *S. simplicifolium*, *S. verrucosum*, *S. Licarna*). Картофель выращивали на экспериментальном поле ГНУ ТатНИИСХ (с. Б. Кабаны Лаишевского района). Материнская форма, сорт Утенок, характеризуется низким содержанием редуцирующих сахаров. Растения средней высоты, прямостоячие, клубень удлиненно-овальной формы, глазки мелкие, кожура гладкая, желтая, мякоть светло-желтая. Необходимо отметить, что клубни сорта Утенок по своим характеристикам соответствуют требованиям, предъявляемым к сырью для переработки на картофель фри. Однако низкая устойчивость клубней сорта Утенок к фитофторозу значительно снижает его привлекательность для производителей картофелепродуктов. Основными достоинствами гибрида 50-03 являются высокая устойчивость растений и клубней к фитофторозу, высокая продуктивность и отсутствие потемнения мякоти клубней. Окраска вареных клубней в значительной степени отличается от окраски сырых.

В первый год после скрещивания были получены гибридные ягоды, содержащие гибридные семена (рис. 1).

Гибридные семена выращивались на второй год рассадным способом с последующей пикировкой в отдельные горшки. В результате получили одно-клубневую комбинацию (гибрид 1-го года). Гибриды первого года были высажены в поле в защищенном от вирусной инфекции грунте. Полученные клубни (гибриды 2-го года) были изучены по основным хозяйственно важным признакам и устойчивости к фитофторозу. На четвертый год гибриды были высажены в поле и произведен биохимический анализ растений картофеля. Всего было изучено 67 гибридов с нумерацией от 6-24-1 до 6-24-67.

Определение содержания редуцирующих сахаров в клубнях и листьях проводилось антроновым методом [4]. Оценку технологических показателей клубней проводили согласно принятым в сельскохозяйственной практике методическим рекомендациям по специализированной оценке сортов картофеля, предполагающей определение веса и количества клубней с куста, формы клубней, глубины залегания глазков, цвета кожуры и степени потемнения мякоти [5].

Для обработки полученных результатов использовались описательная статистика, частота распределений, корреляционный анализ.

2. Результаты и их обсуждение

2.1. Морфологические и технологические показатели гибридной популяции. При приготовлении продуктов из картофеля большое значение имеет качество сырья, которое во многом определяет основные свойства готовой продукции и ее себестоимость. Картофель, применяемый для переработки, должен обладать определенными морфологическими, технологическими и биохимическими показателями. В соответствии с ГОСТом 26832-86 «Картофель свежий для переработки на продукты питания» для производства хрустящего картофеля

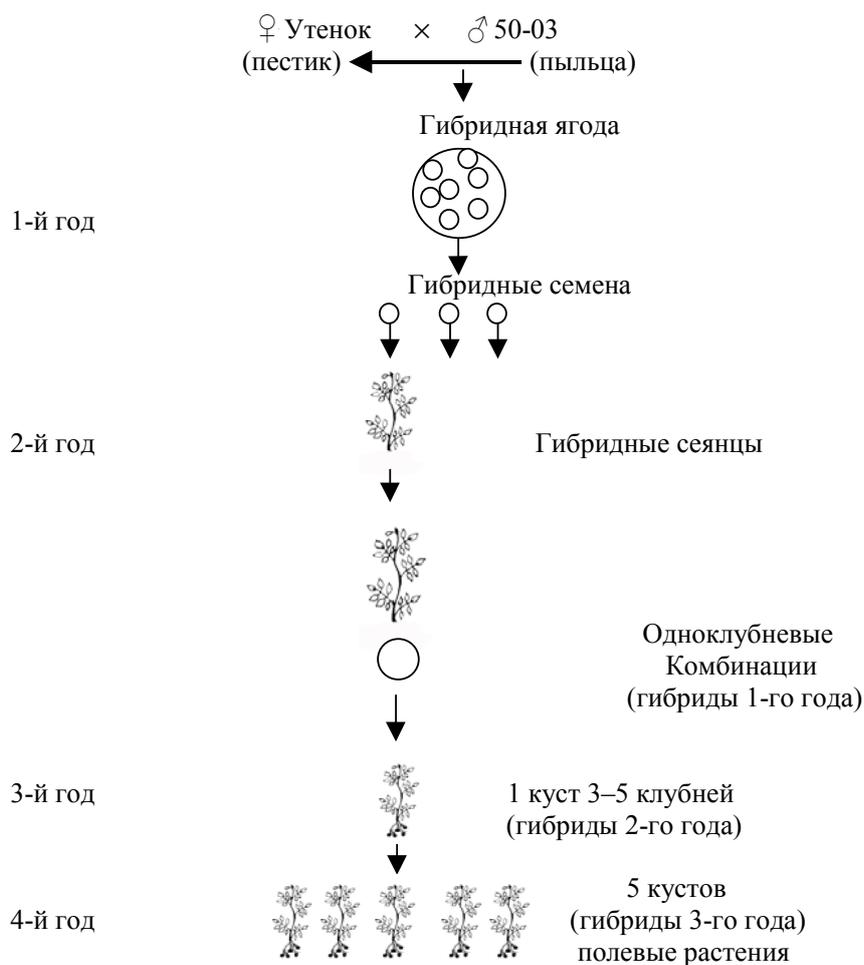


Рис. 1. Схема постановки научно-производственного вегетационного опыта

Табл. 1

Морфологические показатели клубней картофеля, средние по комбинации

Привлекательная форма клубня*	Желтая кожура	Окрашенные глазки	Поверхностное залегание глазков	Средняя длина столонов	Желтая мякоть	Форма клубня	
						Продолговатая	Округлая
20%	100%	64%	42%	27%	23%	58%	42%

* Определяется по оценке всех морфологических показателей.

(чипсов и/или картофеля фри) следует использовать клубни сорта, обладающего следующими характеристиками: высокая урожайность, устойчивость к болезням и вредителям, содержание сухого вещества – 20–24%, содержание редуцирующих сахаров – не более 0.25% на сухой вес, минимальная способность накопления сахаров в процессе хранения, форма клубней округлая и округло-овальная, гнездо компактное, отсутствие потемнения мякоти сырых клубней и после варки, при этом содержание полифенолов, и в частности тирозина, в них должно быть минимальным (табл. 1).

По вышеуказанным показателям вследствие жесткого отбора были выделены следующие гибриды: 6-24-13, 6-24-20, 6-24-24, 6-24-61.

После очистки и в процессе термической обработки мякоть клубней нередко темнеет. Изменение цвета мякоти клубней может происходить вследствие ферментативного и неферментативного окисления. Ферментативное проявляется на очищенных клубнях как результат механических повреждений, воздействия низкой или высокой температуры в период хранения, а также несоответствия норме температурных и газовых режимов почвы в период клубнеобразования [6].

Ферментативное потемнение мякоти картофеля находится в прямой зависимости от экстинкции (окрашивания) клеточного сока клубней. В основе ферментативного потемнения лежит окисление фенольных соединений, катализируемое ферментами, содержащими медь (фенолазы и тирозиназы). В клубнях содержится два основных фенольных соединения, участвующих в образовании темной окраски, – хлорогеновая кислота и тирозин. Хлорогеновая кислота быстрее окисляется в присутствии фермента, но дает более слабое окрашивание продуктов окисления, в то время как тирозин образует темно-коричневые, а затем черные меланиновые пигменты.

Степень ферментативного потемнения соответствует количеству тирозина в клубнях и взаимосвязана с общим содержанием небелкового азота. Чем выше содержание небелкового азота в клубнях, тем выше содержание тирозина и больше вероятность ферментативного потемнения мякоти [7].

Неферментативное потемнение мякоти клубней является результатом образования стойкого соединения железа с хлорогеновой кислотой, особенно после варки. Этот тип потемнения мякоти развивается лишь в пристолонной части клубней и, как правило, в верхушечной части не проявляется.

В наших исследованиях по истечении 24 ч самыми устойчивыми к потемнению сырой мякоти оказались клубни 9 гибридных растений (7–8.5 баллов, рис. 2). Средний балл потемнения мякоти картофеля составил 5.

Оптимальные показатели качества картофеля наблюдались у растений под следующими номерами:

- продуктивность + количество клубней (шт/куст): 6-24-22, 6-24-34, 6-24-35, 6-24-38;
- продуктивность + потемнение: 6-24-55, 6-24-60, 6-24-29, 6-24-24, 6-24-42;
- продуктивность + хозяйственно ценные признаки: 6-24-20, 6-24-24, 6-24-29, 6-24-42;
- количество клубней (шт/куст) + потемнение: 6-24-29; 6-24-60;
- продуктивность + потемнение + хозяйственно ценные признаки: 6-24-60, 6-24-20, 6-24-29, 6-24-24, 6-24-42.

Таким образом, был выявлен значительный полиморфизм среди растений исследуемой гибридной комбинации по признаку потемнения сырой мякоти клубней и по форме: низкая степень потемнения клубней, полученных от данных растений, сочетается с другими хозяйственно ценными признаками.

2.2. Оценка содержания сахаров в надземной части гибридов картофеля.

Выявление закономерностей распределения продуктов фотосинтеза в организме растений и механизмов их аккумуляции – это фундаментальная проблема,

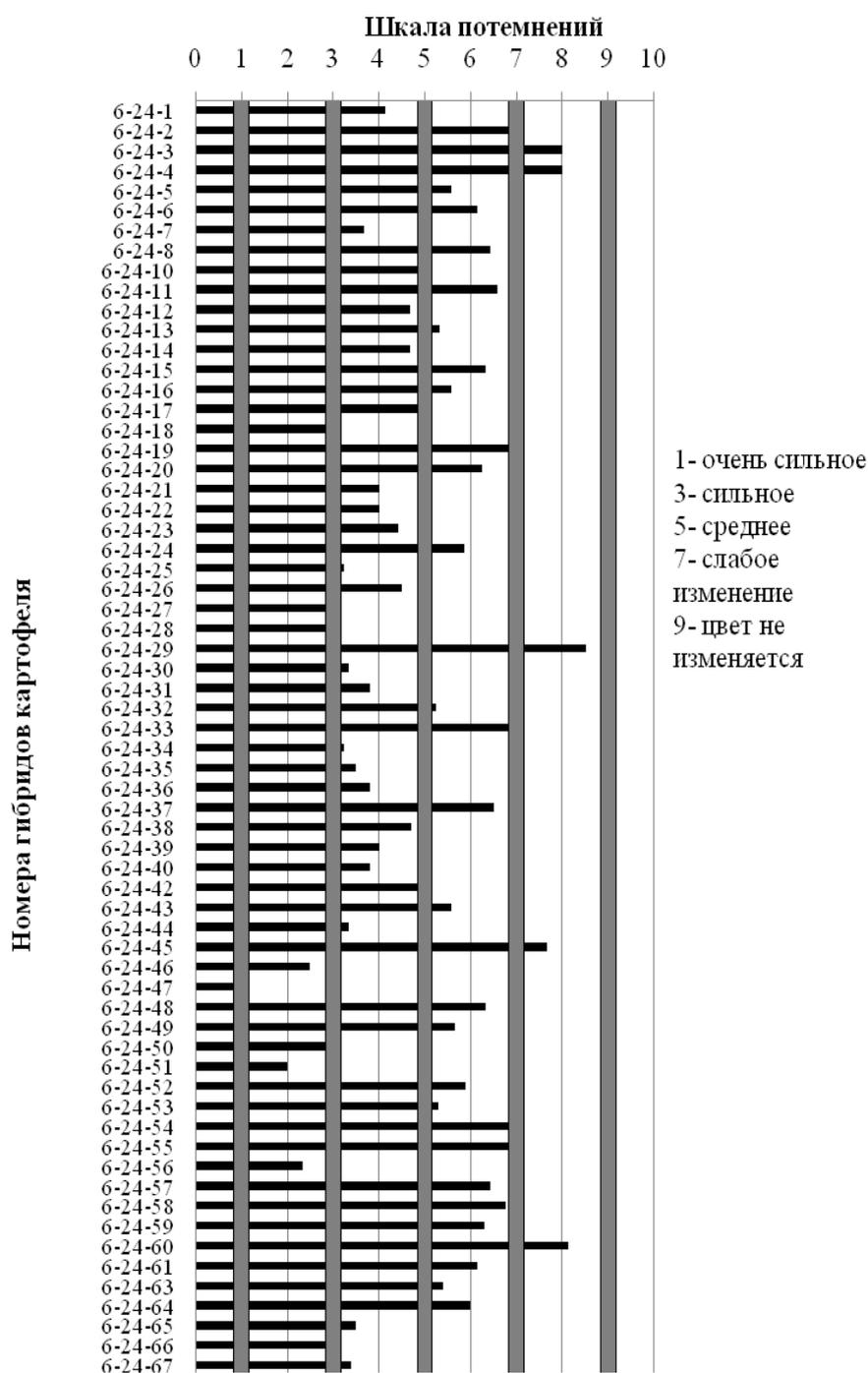


Рис. 2. Оценка гибридных комбинаций картофеля по степени потемнения сырой мякоти клубня

при попытке решить которую было больше поставлено вопросов, чем получено ответов [8]. В процессе онтогенеза происходит изменение интенсивности и направленности обменных процессов, активности ферментов.

Важный фактор продуктивности отдельного растения – характер использования им ассимилятов. В онтогенезе картофеля выделяется несколько этапов, различных по характеру распределения и использования продуктов фотосинтеза. После появления всходов большинство ассимилятов расходуется на формирование листьев. В корни поступает не более 5–7% ассимилятов. В этот период, вероятно, часть потребности корней в органических веществах обеспечивается запасами материнского клубня. На рост стеблей в ранние фазы расходуется 5–20% ассимилятов. Особый интерес представляет период, предшествующий началу формирования клубней. В это время резко усиливается поступление ассимилятов в стебли, хотя нарастание массы стеблей ослабевает. У 20–30-дневных растений в стебли передвигается до 20–30% ассимилятов. По-видимому, перед клубнеобразованием стебель выполняет функцию временного запасающего органа. Начало клубнеобразования резко изменяет направление передвижения и утилизацию ассимилятов, поскольку основным потребляющим органом становятся клубни.

Проводящая система растений рассматривается как система подвижного равновесия, в которой передвижение ассимилятов возможно в том случае, если при постоянном их поступлении такое же количество будет выводиться из нее. В растениях при нормально действующих проводящих путях полного насыщения системы может и не быть и поступление все новых количеств ассимилятов будет вызываться постоянным выводом их из системы в зоны роста и накопления, в запасающие органы [9]. На завершающих этапах онтогенеза происходит значительное перераспределение пластических веществ из ботвы в клубни.

На рис. 3 приведены усредненные данные, характеризующие содержание простых сахаров (СНО) в листьях для исследуемых комбинаций. В среднем содержание сахаров в период роста ботвы составило $3.4 \pm 1.3\%$ (доверительная ошибка при уровне значимости 0.05), бутонизации – $2.1 \pm 1\%$, цветения – $5.1 \pm 1.6\%$.

Из рис. 3 (а) видно, что динамика содержания простых сахаров в листьях гибридной популяции картофеля в онтогенезе растений представляет собой нелинейную зависимость с минимумом содержания сахаров в фазу бутонизации. Данный факт можно объяснить тем, что во время фазы роста большинство ассимилятов сосредоточено в надземной части растений и используется при формировании листьев. Во время фазы бутонизации – цветения начинается формирование клубней. Это приводит к перераспределению ассимилятов – наблюдается значительный отток сахаров в клубни и, соответственно, снижение их концентрации в надземной части. Необходимо также отметить, что в данный период продолжается рост и развитие самих растений и распределение ассимилятов между надземной и подземной частями растений находится в динамическом равновесии. Интенсивность оттока ассимилятов в клубни в значительной степени зависит также от агроклиматических условий роста растений и регулируется с помощью фитогормонов [10]. Фаза цветения характеризуется замедленным ростом надземной части растений и активным накоплением массы клубней. Растения активно фотосинтезируют, и большая часть ассимилятов направляется в клубни. Полученные нами результаты согласуются с представленными литературными данными [8].

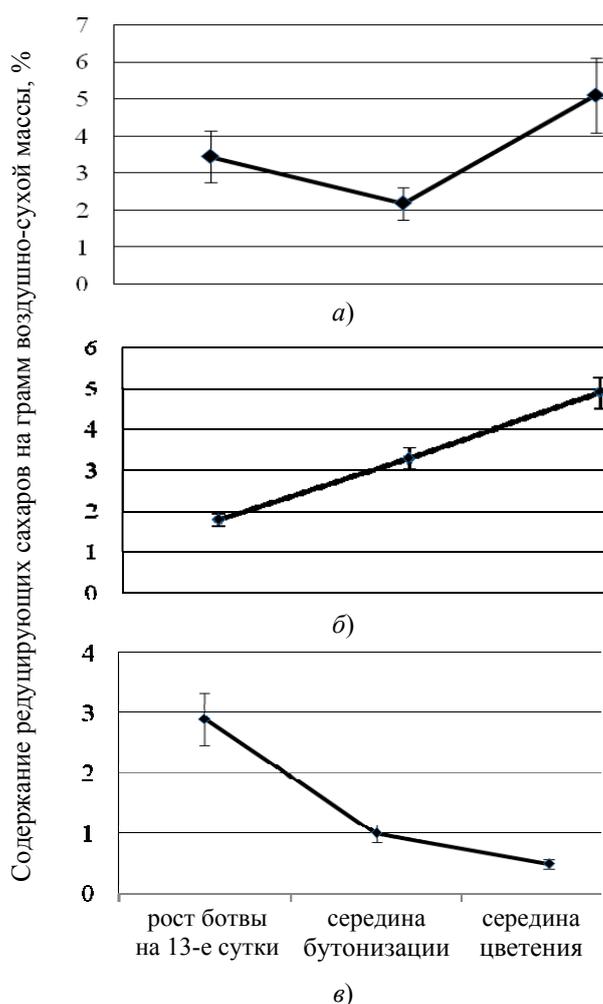


Рис. 3. Динамика содержания моносахаров в процессе вегетации листьев картофеля: а) среднее значение по гибридной комбинации; б) 6-24-8 (позднеспелый) и в) 6-24-23 (раннеспелый) – номера гибридов, отличавшихся по развитию листьев картофеля в фенофазах. Во всех точках показана доверительная ошибка при уровне значимости 0.05

Следует отметить, что у отдельных гибридов содержание сахаров изменялось по линейной зависимости. Это объясняется тем, что у ранних сортов в период роста клубней надземные органы близки к завершению своего развития (рис. 3, в) и фотосинтетические ассимиляты в основном транспортируются в подземную часть растений, в клубни [11]. Изучаемый нами раннеспелый гибрид отличался повышенной потребностью в ассимилятах, их максимальным накоплением в фазу цветения и более ранним окончанием клубнеобразования. Уменьшение содержания сахаров в листьях (рис. 3, в) можно объяснить интенсивным потреблением ассимилятов корнями этого гибрида и активным их использованием клубнями. Для гибрида 6-24-8 (рис. 3, б) также наблюдалось линейное изменение содержания сахаров в листьях, но только возрастающее, по сравнению с вышеописанным для гибрида 6-24-23. Кроме того, для него характерно более позднее наступление максимума прироста и значительное удлинение периода



Рис. 4. Распределение гибридов картофеля в зависимости от степени потемнения клубней

вегетации и клубнеобразования. По-видимому, этот гибрид является позднеспелым: его фенофазы смещены почти на 27 дней относительно всей рассматриваемой гибридной популяции. Изменение содержания сахаров для этого гибрида пока не выявлено.

Отметим также, что чем сорт более раннеспелый, тем более быстрыми темпами у него идет наращивание массы клубней и скорее заканчивается клубнеобразование [12].

2.3. Сравнительное изучение содержания сахаров в растениях гибридов картофеля со степенью потемнения мякоти клубней. На рис. 4 приведено распределение гибридов в зависимости от степени потемнения мякоти картофеля. Как видно из рисунка, на максимум распределения этой функции приходится 51 (24+27) гибрид в интервале от 3 до 5 баллов (среднее потемнение). Слабое потемнение в интервале 5–9 баллов было отмечено у 5 гибридов, и очень сильное (1–3 балла) – у 8. Из всей серии гибридов для промышленной переработки могут быть рекомендованы клубни 5 гибридов.

Далее рассмотрим распределение гибридов в зависимости от содержания сахаров в различные фазы вегетации растений (рис. 5). Как видно из рисунка, в фазу роста ботвы наибольшее содержание сахаров (2.5%) наблюдалось у 30 гибридов, у 2 гибридов максимум содержания сахаров составил 5.7–7.3%, минимум сахаров был отмечен у 15 гибридов – 0.9%.

В фазу бутонизации распределение гибридов по содержанию сахаров следующее: у максимального количества (50) гибридов содержание сахаров находится в диапазоне 0.7–1.7%, у 14 гибридов – 2.7–4.7%, а минимум сахаров (до 0.7%) – у 22 гибридов. Максимум содержания сахаров в фазу бутонизации на 1.3% меньше, чем в фазу роста. Полуширина распределения в фазе роста ботвы составила 2%, в фазе бутонизации – 1.5%. В фазу цветения пик распределения популяции смещается в сторону большего содержания сахаров, причем максимальное количество гибридов (54) характеризуется содержанием сахаров в пределах 2.5–4.8%. Полуширина распределения равна 3.5%.

Нами была обнаружена корреляция между содержанием сахаров в листьях гибридов и степенью потемнения сырой мякоти клубней картофеля. Потемнение коррелирует с изменением количества сахаров в листьях следующим образом:



Рис. 5. Распределение гибридов в зависимости от содержания сахаров

в фазе роста ботвы коэффициент корреляции $r = 0.85$; фазе бутонизации $r = 0.88$. Коэффициенты корреляции достоверны при уровне значимости 0.05.

Заключение

Таким образом, выявлен полиморфизм внутри исследуемой гибридной популяции по качественным показателям клубней, содержанию редуцирующих сахаров и потемнению сырой мякоти клубней, дающий возможность вести отбор форм, пригодных для промышленной переработки. Показано нелинейное изменение содержания простых сахаров в онтогенезе растений гибридной популяции картофеля с максимумом в фазе цветения и с минимумом в фазе бутонизации. Динамика содержания простых сахаров в листьях гибридов картофеля в онтогенезе позволяет дифференцировать гибридный материал на ранних этапах селекции по степени спелости. Определены следующие гибриды картофеля, устойчивые к потемнению сырой мякоти клубней: 6-24-29 (8.5 баллов), 6-24-3 (8), 6-24-4 (8), 6-24-60 (8), 6-24-2 (7), 6-24-33 (7), 6-24-45 (7), 6-24-55 (7). Продемонстрирована корреляция содержания сахара в листьях со степенью потемнения сырой мякоти клубней картофеля в период роста ботвы и бутонизации. Выявлены гибриды картофеля, сочетающие высокую продуктивность с требуемыми качественными показателями клубней и устойчивостью к потемнению их мякоти (6-24-60; 6-24-20; 6-24-29; 6-24-24; 6-24-42), пригодные для создания сортов, предназначенных для переработки на картофелепродукты.

Summary

S.N. Cherezov, A.T. Gizatullina, Z. Stashevsky. Estimation of the Selection Material of the Potato: Determination of Suitability for Industrial Processing.

For creation (making) of new varieties on the basis of a hybrid population of potato for industrial processing the estimation of a selection material on morphological, technological, biochemical parameters is carried out. Polymorphism inside researched hybrid population on productivity, quality indicators of tubers, content of reducing sugars and darkening of tuber's raw pulp is revealed. Hybrids of potato resistant to darkening of tuber's raw pulp suitable for creation of the varieties intended for processing on potato-products are determined.

Key words: potato, selection, hybrids, processing, biochemistry.

Литература

1. *Табаленкова Г.Н.* Продуктивность сельскохозяйственных культур в подзоне средней тайги европейского северо-востока России: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – М., 2007. – 50 с.
2. *Симаков Е.А.* Перспективы селекции картофеля для переработки и производства продуктов питания ВНИИКХ // Картофелевод. – 2006. – № 1. – С. 13–16.
3. *Шабета М.П., Соколова З.А.* Новые технологии в производстве картофелепродуктов // Новые технологии в пищевой промышленности: Тез. докл. науч. конф. – Минск, 2002. – С. 44–45.
4. *Тимофеева О.А.* Практикум по физиологии и биохимии растений (метод. пособие). – Казань: Казан. гос. ун-т, 1998. – 22 с.
5. *Банадысев С.А.* Методические рекомендации по специализированной оценке сортов картофеля. – Минск: 2003. – 70 с.
6. *Власюк П.А., Власенко Н.Е., Мицко В.Н.* Химический состав картофеля и пути улучшения его качества. – Киев: Наукова Думка, 1979. – 193 с.
7. *Maslo R.* Maillard-Reaktionsprodukte in Lebensmitteln: Mögliche gesundheitliche Bedeutung // Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit. – 2006. – Bd. 1, N 2. – S. 125–134.
8. *Курсанов А.Л.* Транспорт ассимилятов в растении. – М.: Наука, 1976. – 646 с.
9. *Табаленкова Г.Н., Маркаров А.М., Головкин Т.К.* Регуляция клубнеобразования *Solanum andigenum* cv. Zhukovskii // Физиол. растений. – 1998. – Т. 45, № 1. – С. 33–36.
10. *Сташевски З., Тагиров М.Ш., Заманиева Ф.Ф.* Оздоровленный семенной картофель (рекомендации). – Казань: Фолиантъ, 2007. – 60 с.
11. *Лорх А.Г.* Экологическая пластичность картофеля. – М.: Колос, 1968. – 287 с.
12. *Альсмик П.И.* Картофелеводство. – Минск: Наука, 1950. – 265 с.

Поступила в редакцию
18.03.10

Черезов Сергей Николаевич – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры физиологии и биотехнологии растений Казанского (Приволжского) федерального университета.

E-mail: Sergei.Cherezov@ksu.ru

Гизатуллина Альбина Талгатовна – студент кафедры физиологии и биотехнологии растений Казанского (Приволжского) федерального университета.

Сташевски Зенон – заведующий лабораторией селекции картофеля ГНУ ТатНИИСХ Россельхозакадемии, г. Казань.