

Влияние агроэкологических условий выращивания на накопление и качество крахмала новых перспективных сортов картофеля

The influence of agroecological growing conditions on the accumulation and quality of starch of new promising potato varieties

Салюков С.С., Митюшкин А.В., Журавлев А.А.,
Митюшкин Ал-р В., Гайзатулин А.С., Семенов В.А.

Salyukov S.S., Mityushkin A.V., Zhuravlev A.A.,
Mityushkin Al-r V., Gaizatulin A.S., Semenov V.A.

Аннотация

Abstract

Цель исследования – сравнительное изучение интенсивности накопления крахмала и размера крахмальных гранул новых перспективных сортов картофеля, пригодных в качестве сырья для переработки. Полевые и лабораторные исследования проведены в 2020–2022 годах на экспериментальных базах «Пышлицы» и «Коренево» ФИЦ картофеля им. А.Г. Лорха (Московская область). В качестве исходного материала для исследования использовали шесть новых сортов картофеля селекции ФИЦ картофеля им. А.Г. Лорха среднераннего (Артур, Армада) и среднеспелого (Кумач, Восторг, Экстра, Фобос) сроков созревания. Почва – дерново-подзолистая связно-песчаная по гранулометрическому составу. Предшественник – ячмень, яровая пшеница. Минеральные удобрения в виде аммофоски вносили из расчета 700 кг/га физической массы. Уборку проводили вручную во второй декаде сентября. Сравнительные испытания шести высококрахмалистых сортов картофеля показали существенную вариабельность признака крахмалистости в зависимости от генотипических особенностей, сроков созревания и условий их выращивания. Наиболее стабильными по уровню крахмалонакопления в клубнях оказались сорта Артур, Восторг, Экстра и Фобос. Различия в крахмалистости между средними и крупными клубнями одного и того же сорта более значительны по сравнению с различиями между средними и мелкими клубнями, что обуславливает необходимость отбора проб среди фракции средних клубней при определении содержания крахмала. При оценке высококрахмалистых сортов в летней пробе высокими показателями крахмалистости клубней ($\geq 18\%$) выделился сорт Экстра, по уровню крахмалонакопления (20,0%) превосходящий сорт-стандарт Накра (19,6%) и сорт Восторг, обеспечивающий такой же уровень крахмалистости клубней (19,2%). Проведенный анализ высококрахмалистых сортов показал, что сорта Экстра и Фобос с крахмалистостью клубней 22,0 и 20,3% содержат в составе крахмала наибольшее количество крупных крахмальных гранул размером более 57 мкм, а сорта Артур и Восторг при крахмалистости 21,2–21,6% – 56,3 и 55,7% соответственно.

The purpose of the study is a comparative study of the intensity of starch accumulation and the size of starch granules of new promising potato varieties suitable as raw materials for processing. Field and laboratory studies were conducted in 2020–2022 at the experimental bases «Pyshlitsy» and «Korenevo» of the RPRC named after A.G. Lorkh (Moscow region). As a starting material for the study, six new potato varieties of the RPRC named after A.G. Lorch were used for medium-early (Arthur, Armada) and medium-ripe (Kumach, Vostorg, Extra, Phobos) ripening periods. The soil is sod-podzolic cohesive-sandy in granulometric composition. The predecessor is barley, spring wheat. Mineral fertilizers in the form of ammonium were applied at the rate of 700 kg/ha of physical weight. Cleaning was carried out manually in the second decade of September. Comparative tests of six highly starchy potato varieties have shown significant variability of the starchiness trait depending on genotypic features, maturation dates and growing conditions. The most stable in terms of starch accumulation in tubers were the varieties Arthur, Vostorg, Extra and Phobos. The differences in starchiness between medium and large tubers of the same variety are more significant than the differences between medium and small tubers, which necessitates sampling among the fraction of medium tubers when determining the starch content. When evaluating highly starchy varieties in the summer sample, the Extra variety stood out with high rates of starchiness of tubers ($\geq 18\%$), surpassing the Nakra standard variety (19.6%) in terms of starch accumulation (20.0%) and the Rapture variety, providing the same level of starchiness of tubers (19.2%). The analysis of highly starchy varieties showed that the Extra and Phobos varieties with a starchiness of tubers of 22.0 and 20.3% contain the largest number of large starch granules larger than 57 microns in starch, and the Arthur and Vostorg varieties with a starchiness of 21.2–21.6% – 56.3 and 55.7%, respectively.

Key words: potato (*S. tuberosum*), variety, starchiness, native starch, quality.

For citing: The influence of agroecological growing conditions on the accumulation and quality of starch of new promising potato varieties / S.S. Salyukov, A.V. Mityushkin, A.A. Zhuravlev, Al-r V. Mityushkin, A.S. Gaizatulin, V.A. Semenov. Potato and vegetables. 2023. No6. Pp. 32–35. <https://doi.org/10.25630/PAV.2023.12.65.004> (In Russ.).

Ключевые слова: картофель (*S. tuberosum*), сорт, крахмалистость, нативный крахмал, качество.

Для цитирования: Влияние агроэкологических условий выращивания на накопление и качество крахмала новых перспективных сортов картофеля / С.С. Салюков, А.В. Митюшкин, А.А. Журавлев, Ал-р В. Митюшкин, А.С. Гайзатулин, В.А. Семенов // Картофель и овощи. 2023. №6. С. 32–35. <https://doi.org/10.25630/PAV.2023.12.65.004>

В последние годы в России отмечается ежегодный рост объемов производства нативного картофельного крахмала [1].

Сорта для переработки на отечественном рынке сравнительно не-

немного из-за сложности и длительности селекционного процесса по причине отрицательной корреляции урожайности и крахмалистости у картофеля [2, 3]. Кроме того, снижение объемов производства карто-

фельного крахмала обуславливается отсутствием субсидирования крахмалопаточной продукции [4]. Однако одним из основных показателей, определяющих качество картофельного крахмала, является размер крах-

мальных гранул, зависящий от особенностей крахмалонакопления сортов, обуславливающих пригодность сырья для переработки. В связи с этим цель исследования – сравнительное изучение интенсивности накопления крахмала и размера крахмальных гранул новых перспективных сортов картофеля, пригодных в качестве сырья для переработки.

Условия, материалы и методы исследований

Полевые и лабораторные исследования проведены в 2020–2022 годах на экспериментальных базах «Пышлицы» и «Коренево» ФИЦ картофеля им. А.Г. Лорха (Московская область). В качестве исходного материала для исследования использовали шесть новых сортов картофеля селекции ФИЦ картофеля им. А.Г. Лорха среднераннего (Артур, Армада) и среднеспелого (Кумач, Восторг, Экстра, Фобос) сроков созревания. Посадку клубней проводили во второй декаде мая клоновой сажалкой по схеме 75×30 см. Делянки четырехрядковые по 25 растений в рядке. Почва – дерново-подзолистая связно-песчаная по гранулометрическому составу. Предшественник – ячмень, яровая пшеница. Минеральные удобрения в виде аммофоски вносили из расчета 700 кг/га физической массы. Уборку проводили вручную во второй декаде сентября.

Вегетационный период 2021 года характеризовался неравномерным распределением осадков, наибольшее количество которых выпало в начале вегетации – 163,5 мм, что в два раза больше нормы (81,5 мм). При этом более 70% осадков выпало в третьей декаде мая. Количество осадков в июне – июле также превышало норму и только в августе оно составило 36,5 мм (норма 67,5 мм). В целом же средняя температура воздуха за вегетацию составила 17,1 °С при норме 16,5 °С, а гидротер-

мический коэффициент (ГТК) – 2,1. Картофель отреагировал на неблагоприятные условия роста и развития снижением темпов и временной задержкой не только формирования количества и массы клубней, но и их биохимического состава.

В процессе вегетации в летней пробе (через 80 дней после посадки) анализировали интенсивность накопления крахмала в клубнях. Крахмалистость определяли по удельной массе, взвешивая по 5 кг клубней крупного, среднего и мелкого размера на приборе PW-2050 Weigher. Нативный крахмальный крахмал готовили по ГОСТ 7699–78 для определения размера крахмальных гранул безмикроскопным методом [5]. В зависимости от размера крахмальных гранул крахмал подразделяли на следующие фракции: I – размер зерен 57 мкм и более; II – от 41 до 56 мкм; III – от 31 до 40 мкм; IV – 30 мкм и менее. Статистическую обработку результатов исследования проводили с использованием пакета прикладных программ AGROS (версия 2.07).

Результаты исследований

Установлено, что варьирование признака крахмалистости отмечается в достаточно широких пределах в зависимости от генотипических особенностей изучаемых сортов, сроков созревания и условий выращивания (табл. 1).

Сравнительные испытания шести высококрахмалистых сортов относительно сорта-стандарта Накра показали, что сорта Артур, Восторг, Экстра и Фобос оказались наиболее стабильными по уровню крахмалонакопления в клубнях. Метеорологические особенности вегетационных периодов оказывали существенное воздействие на накопление крахмала в клубнях этих сортов. Так, варьирование крахмалистости клубней у сорта Артур составило 2,6%, Восторг – 2,3%, Экстра – 3,3%

и Фобос – 1,8%, а по уровню проявления признака они оставались высококрахмалистыми. Неблагоприятные для синтеза и накопления крахмала метеоусловия 2022 года оказали более значительное влияние на сорта Армада и Кумач, которые по уровню крахмалонакопления соответствовали только классу среднекрахмалистых (крахмалистость клубней составила 16,6 и 16,0% соответственно). Причем различия между максимальным и минимальным накоплением крахмала у этих сортов составили 7,7 и 7,9%, в то время как у других сортов они не превышали 4,5 (сорт Восторг) и 4,3% (сорт Экстра). Отклонения показателей крахмалистости сортов Армада и Кумач в отдельные годы испытания оказались более значительными, чем между максимальными и минимальными показателями признака.

Важное обстоятельство для сортов картофеля, пригодных к переработке на крахмал, – существенное различие в накоплении крахмала не только в тканях одних и тех же клубней, но и от их размерных характеристик [3, 6]. В нашем опыте изучены шесть высококрахмалистых сортов картофеля по содержанию крахмала в клубнях различного размера, отобранных в процессе уборки. В каждом из шести высококрахмалистых сортов максимальным уровнем крахмалонакопления характеризовались клубни среднего размера, а более крупные и мелкие имели меньшую крахмалистость (табл. 2). При этом различия в крахмалистости между средними и крупными клубнями существенно выше (от 1,0% у сорта Армада до 2,4% у сортов Экстра и Накра), чем между средними и мелкими клубнями (от 0,6% у сорта Армада до 1,9% у сортов Экстра и Накра). Это свидетельствует о необходимости объективного отбора проб при определении крахмалистости клубней оцениваемых сортов, так как использование крупных клубней может снизить показатель крахма-

Таблица 1. Крахмалистость клубней сортов картофеля в различающихся условиях вегетации (послеуборочный период), среднее за 2020–2022 годы

Сорт	Срок созревания	Крахмалистость клубней, %			Средняя крахмалистость, %	Пределы варьирования, %
		2020	2021	2022		
Артур	среднеранний	22,5	21,2	19,9	21,2	18,6–23,0
Армада		20,7	19,7	16,6	16,6	15,1–22,8
Кумач		19,5	19,1	16,0	18,2	15,6–23,5
Восторг	среднеспелый	22,9	20,6	21,4	21,6	18,7–23,2
Экстра		23,6	20,3	22,2	22,0	20,0–24,3
Фобос		21,3	19,5	20,2	20,3	17,8–21,2
Накра (St)		23,2	20,8	21,9	21,9	19,0–24,0

Таблица 2. Оценка сортов картофеля по крахмалистости клубней различного размера, 2020 год

Сорт	Срок созревания	Крахмалистость, %		
		Мелких клубней (25–30 мм)	Средних клубней (40–50 мм)	Крупных клубней (более 60 мм)
Артур	среднеранний	19,9	21,2	19,4
Армада		18,8	19,4	18,4
Кумач	среднеспелый	19,0	19,9	18,2
Восторг		19,8	20,9	19,0
Экстра		20,9	22,8	20,4
Фобос		18,3	18,9	17,2
Накра (st)		20,3	22,2	19,8

листоности сортов более чем на 2,0% по сравнению с наиболее многочисленной фракцией средних клубней.

В табл. 2 представлены пределы различий в уровне крахмалистости между средними и мелкими, а также средними и крупными клубнями по среднему значению клубневых проб. Минимальная разница между крахмалистостью мелких и средних клубней отмечена у сортов Армада и Фобос (по 0,6%), а максимальная – у сортов Экстра и Накра (по 1,9%). Отсюда следует, что с увеличением крахмалистости сорта варьирование показателя признака у мелких и средних клубней возрастает. Высококрахмалистые сорта, как правило, отличаются мелко-клубневостью или отсутствием очень крупных клубней, а максимальные размеры крупных клубней специфичны для каждого сорта [6, 7]. Поэтому средняя крахмалистость крупной фракции клубней сорта Артур (19,4%) соответствует уровню крахмалистости средних клубней сорта Армада (19,4%). В то же время по средней крахмалистости крупных клубней сорт Артур превосходит по аналогичному показателю (19,0%) более высококрахмалистый сорт Восторг. Это связано, вероятно, с различиями в средней массе клубней, более низкой у сорта Артур (43,7 г) в сравнении с сортом Восторг (57,2 г). Важно отметить, что по результатам оценки сортов по уровню крахмалистости клубней различно-

го размера установлена наиболее высокая крахмалистость у клубней средней фракции.

В 2020–2021 годах оценивали высококрахмалистые сорта по уровню крахмалонакопления в летней пробе клубней для выяснения возможности снизить негативное влияние погодных условий на показатели крахмалистости. В летней пробе высокоими показателями крахмалистости ($\geq 18\%$) отличалось большинство изученных сортов картофеля (табл. 3). Сорт Экстра по уровню крахмалонакопления (20,0%) превосходил на более высококрахмалистый сорт-стандарт Накра (19,6%), а сорт Восторг достигал практически такой же крахмалистости клубней (19,2%). У сортов Артур и Фобос крахмалистость составляла 18,6 и 18,5% соответственно, а сорта Армада и Кумач характеризовались средними показателями крахмалистости в летней пробе – 15,7 и 16,5%.

Оценка сортов при уборке показала, что большинство из них значительно увеличили крахмалистость клубней по сравнению с летней пробой. Так, крахмалистость клубней сортов Артур, Восторг, Экстра и Фобос возросла на 1,0–1,6%, в то время как сорта-стандарт Накра – на 1,3%. Это характеризует способность этих сортов к интенсивному накоплению при существующем им уровне крахмалистости клубней. У сортов Армада и Кумач от-

мечено более значительное повышение крахмалистости в конце вегетационного периода (2,1 и 1,7% соответственно). Эти сорта сформировали наибольший урожай (980 и 910 г/куст) к моменту уборки, что вместе с повышенной крахмалистостью (17,8 и 18,2%) клубней обуславливает их высокую пригодность к переработке на крахмал.

Несмотря на значительную вариабельность крахмалистости клубней сортов в изменяющихся условиях выращивания, размер крахмальных гранул остается неизменным [8]. Проведенный анализ высококрахмалистых сортов картофеля показал, что сорта Экстра и Фобос с крахмалистостью клубней 22,0 и 20,3% содержат в составе крахмала наибольшее количество крупных крахмальных гранул размером более 57 мкм (I фракция), достигающее уровня сорта-стандарт Накра (61,0%) (табл. 4). Сорта Артур и Восторг с крахмалистостью клубней 21,2–21,6%, тем не менее, характеризовались несколько меньшим количеством крупных крахмальных зерен I фракции (56,3 и 55,7% соответственно). Сорт Кумач, проявивший крахмалонакопление на уровне 19,9%, отличался несколько меньшим количеством крупных крахмальных гранул I фракции (52,6%).

При этом содержание III и IV фракций в составе крахмала у сор-

Таблица 3. Продуктивность сортов картофеля с интенсивным накоплением крахмала в клубнях, среднее за 2020–2021 годы

Сорт	Срок созревания	Крахмалистость, %						Урожайность, г/куст
		в летней пробе			при уборке			
		2020	2021	среднее	2020	2021	среднее	
Артур	среднеранний	19,2	18,1	18,6	21,0	19,4	20,2	870
Армада		16,4	15,0	15,7	20,0	15,6	17,8	980
Кумач	среднеспелый	17,0	15,9	16,5	20,3	16,1	18,2	910
Восторг		19,8	18,5	19,2	21,2	20,2	20,7	850
Экстра		20,8	19,2	20,0	22,0	20,0	21,0	720
Фобос		18,9	18,0	18,5	20,0	19,3	19,7	690
Накра (St)		20,3	18,9	19,6	21,2	20,6	20,9	580

Таблица 4. Характеристика высококрахмалистых сортов картофеля по размеру крахмальных гранул, 2020 год

Сорт	Срок созревания	Средняя крахмалистость, %	Фракционный состав крахмала, %			
			I	II	III	IV
Артур	среднеранний	21,2	56,3	30,4	8,5	4,8
Армада		19,2	55,2	30,0	9,6	5,2
Кумач	среднепоздний	19,9	52,6	32,2	9,7	5,5
Восторг		21,6	55,7	29,7	9,6	5,0
Экстра		22,0	60,8	28,5	7,7	3,0
Фобос		20,3	60,5	27,4	9,1	3,0
Накра (St)		21,9	61,0	27,5	8,7	2,8

тов с высоким уровнем крахмалистости не зависело от показателя крахмалонакопления, что подтверждает закономерную связь содержания крахмала и крупности крахмальных гранул в клубнях сортов картофеля.

Выводы

Наиболее стабильными по уровню крахмалонакопления в клубнях оказались сорта Артур, Восторг, Экстра и Фобос. Различия в крахмалистости между средними и крупными клубнями одного и того же сорта более значительны по сравне-

нию с различиями между средними и мелкими клубнями, что обуславливает необходимость отбора проб среди фракции средних клубней при определении содержания крахмала.

При оценке высококрахмалистых сортов в летней пробе высокими показателями крахмалистости клубней ($\geq 18\%$) выделился сорт Экстра, по уровню крахмалонакопления (20,0%) превосходящий сорт-стандарт Накра (19,6%) и сорт Восторг, обеспечивающий такой же уровень крахмалистости клубней (19,2%).

Анализ высококрахмалистых сортов показал, что сорта Экстра и Фобос с крахмалистостью клубней 22,0 и 20,3% содержат в составе крахмала наибольшее количество крупных крахмальных гранул размером более 57 мкм, а сорта Артур и Восторг при крахмалистости 21,2–21,6% – 56,3 и 55,7% соответственно.

Библиографический список

References

1. Изучение состава картофеля по хозяйственно ценным признакам, определяющим его пригодность к промышленной переработке / А.В. Семенова, В.Г. Гольдштейн, В.А. Дегтярев, А.А. Морозова, А.К. Королева // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2022. Вып. 23 (6). С. 841–851.
2. Альсмик П.И. Селекция на повышенное содержание крахмала // *Селекция картофеля в Белоруссии*. Минск: Ураджай, 1979. С. 98–105.
3. Яшина И.М., Кирсанова Л.И., Раткевич Н.Д. Методические аспекты селекции картофеля на повышенную крахмалистость // *Труды НИИКХ*. 1994. С. 7–22.
4. Физико-химические свойства картофельного крахмала / Д.Ш. Ягофаров, А.В. Канарский, Ю.Д. Сидоров, М.А. Поливанов // *Вестник Казанского технологического университета*. 2012. Вып. 15 (12). С. 212–215.
5. Успенский Е.М. Оценка качества картофеля на крупность зерна крахмала // *Вестник овощеводства и картофелеводства*. 1940. №5. С. 6–7.
6. Peris-Tortajada M. Measuring starch in food // *Starch in food. Structure, function and applications*. Cambridge: Woodhead Publishing, 2004. Pp. 185–207.
7. Kaminski R. Phenotypic and genotypic correlations of morphological and physiological characters of potato // *Genet. polon*. 1997. Vol. 18. No2. Pp. 125–133.
8. Pater S., Caspers M., Kottenhagen M. Manipulation of starch granule size distribution in potato tubers by modulation of plastid division // *Plant Biotech. J*. 2006. Vol. 4. Pp. 123–134.

1. Studying the composition of potatoes according to economically valuable characteristics that determine its suitability for industrial processing. A.V. Semenova, V.G. Gol'dshtein, V.A. Degtyarev, A.A. Morozova, A.K. Koroleva. *Agrarian science of the Euro-North-East*. 2022. Issue 23 (6). Pp. 841–851 (In Russ.).
2. Al'smik P.I. Selection for increased starch content. Potato breeding in Belarus. Minsk: Urajay, 1979. Pp. 98–105 (In Russ.).
3. Yashina I.M., Kirsanova L.I., Ratkevich N.D. Methodological aspects of potato breeding for increased starchiness. *Proceedings of the NIIKH*. 1994. Pp. 7–22 (In Russ.).
4. Physico-chemical properties of potato starch. D.Sh. Yagofarov, A.V. Kanarskii, Yu.D. Sidorov, M.A. Polivanov. *Bulletin of Kazan Technological University*. 2012. Issue 15 (12). С. 212–215 (In Russ.).
5. Uspensky E.M. Potato quality assessment for starch grain size. *Bulletin of vegetable and potato growing*. 1940. No5. Pp. 6–7 (In Russ.).
6. Peris-Tortajada M. Measuring starch in food. *Starch in food. Structure, function and applications*. Cambridge: Woodhead Publishing, 2004. Pp. 185–207.
7. Kaminski R. Phenotypic and genotypic correlations of morphological and physiological characters of potato. *Genet. polon*. 1997. Vol. 18. No2. Pp. 125–133.
8. Pater S., Caspers M., Kottenhagen M. Manipulation of starch granule size distribution in potato tubers by modulation of plastid division. *Plant Biotech. J*. 2006. Vol. 4. Pp. 123–134.

Об авторах

Author details

Салюков Сергей Сергеевич, н.с. лаборатории селекции сортов для переработки. E-mail: vniikh@mail.ru

Митюшкин Алексей Владимирович (ответственный за переписку), канд. с.-х. наук, зав. лабораторией селекции сортов для переработки. E-mail: vniikh@mail.ru

Журавлев Алексей Алексеевич, канд. с.-х. наук, с.н.с. E-mail: vniikh@mail.ru

Митюшкин Александр Владимирович, канд. с.-х. наук, с.н.с. отдела экспериментального генофонда. E-mail: vniikh@mail.ru

Гайзатулин Александр Сергеевич, канд. с.-х. наук, н.с. отдела экспериментального генофонда. E-mail: vniikh@mail.ru

Семенов Владимир Алексеевич, н.с. лаборатории селекции сортов для переработки. E-mail: vniikh@mail.ru

ФГБНУ Федеральный исследовательский центр картофеля имени А.Г. Лорха.

Salyukov S.S., research fellow, laboratory for selection of varieties for processing. E-mail: vniikh@mail.ru

Mityushkin A.V. (the author for correspondence), Cand. Sci. (Agr.), head of the laboratory for selection of varieties for processing. E-mail: vniikh@mail.ru

Zhuravlev A.A., Cand. Sci. (Agr.), senior research fellow. E-mail: vniikh@mail.ru

Mityushkin Al-r V., Cand. Sci. (Agr.), senior research fellow, experimental gene pool department. E-mail: vniikh@mail.ru

Gaizatulin A.S., Cand. Sci. (Agr.), research fellow, experimental gene pool department. E-mail: vniikh@mail.ru

Semenov V.A., research fellow, laboratory for selection of varieties for processing. E-mail: vniikh@mail.ru

Russian Potato Research Center