

Экологическая пластичность и стабильность сортотипов картофеля в условиях Архангельской области*

Л. А. ПОПОВА, Л. Н. ГОЛОВИНА, А. А. ШАМАНИН

Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н. П. Лаврова Уральского отделения РАН, Набережная Северной Двины, 23, Архангельск, 163000, Российская Федерация

Резюме. Исследования проводили с целью выявления высокоурожайных гибридных образцов, обладающих экологической пластичностью, стабильностью и адаптивностью, для создания новых сортов картофеля, пригодных для возделывания в северных регионах России. Работу выполняли в 2018–2020 гг. в Архангельской области. Почва участка – средней степени окультуренности, дерново-подзолистая, супесчаная. Предшественник – однолетние травы. Объектом исследования служили 8 гибридных образцов картофеля селекции Всероссийского научно-исследовательского института картофельного хозяйства им. А. Г. Лорха из среднеранней группы спелости и сорт-стандарт Елизавета. Метеоусловия в годы исследований значительно различались по температурному режиму и увлажненности. Более благоприятными они были в 2018 г., когда средняя урожайность составила 27,6 т/га, а индекс среды (I_j) – 2,1, в 2020 г. индекс среды был отрицательным (–2,7), а средний сбор клубней снизился до 22,8 т/га. Лучшими оказались сортотипы 4568/10 со средней урожайностью 38,0 т/га, 4602/9 – 30,5 т/га и 1509/1 – 30,1 т/га, что выше сорта-стандарт Елизавета на 9,5; 2,0 и 1,6 т/га соответственно. Они показали себя как пластичные (b_i – 2,61; 1,54 и 3,00 соответственно), но не стабильные (S_i^2 – 184,5; 135,6 и 270,2) по урожайности. Сортотипы 4568/8 (b_i – 0,73; S_i^2 – 15,7) и 2804/3 (b_i – 0,92; S_i^2 – 65,6) характеризуются низкой пластичностью, но меньше, чем остальные, реагируют на изменения условий среды. Наиболее адаптивны к условиям региона – сортотипы 4568/10, 4602/9 и 1509/1 (K_a – 1,49, 1,19 и 1,18 соответственно). Перспективный сортотип 4568/10 планируется к передаче на Государственное сортоиспытание.

Ключевые слова: картофель (*Solanum tuberosum*), сортотип, урожайность, экологическая пластичность, стабильность, адаптивность, гидротермический коэффициент.

Сведения об авторах: Л. А. Попова, кандидат экономических наук, старший научный сотрудник (e-mail: arhniish@mail.ru); Л. Н. Головина, старший научный сотрудник, А. А. Шаманин, научный сотрудник.

Для цитирования: Попова Л. А., Головина Л. Н., Шаманин А. А. Экологическая пластичность и стабильность сортотипов картофеля в условиях Архангельской области // Достижения науки и техники АПК. 2021. Т. 35. № 4. С. 41–44. doi: 10.24411/0235-2451-2021-10406.

* Работа выполнена в рамках государственного задания ФГБУН ФИЦКИА Уро РАН по теме № 0409-2021-0004.

Ecological plasticity and stability of potato varieties under conditions of the Arkhangelsk region

L. A. Popova, L. N. Golovina, A. A. Shamanin

N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research, Ural Branch, Russian Academy of Sciences, Naberezhnaya Severnoi Dviny, 17, Arkhangelsk, 163000, Russian Federation

Abstract. The purpose of the study was to identify high-yielding hybrids with high ecological plasticity, stability, and adaptability to breed new varieties of potato suitable for cultivation in the northern regions of Russia. The work was performed in 2018–2020 in the Arkhangelsk region. The soil of the plot was cultivated to a medium degree; it was sod-podzolic and sandy loam. The forecrop was annual grasses. The objects of the study were eight mid-early ripening hybrid potato samples bred in the Lorkh All-Russian Scientific Research Institute of Potato Breeding, and the standard variety was *Elizaveta*. Meteorological conditions during the years of the study varied significantly in terms of temperature and humidity. They were more favourable in 2018 when the average yield was 27.6 t/ha; the environment index (I_j) was 2.1; in 2020 the environment index was negative (–2.7); the average harvest of tubers decreased to 22.8 t/ha. The best variety patterns were 4568/10 with the average yield of 38.0 t/ha, 4602/9 with the average yield of 30.5 t/ha, and 1509/1 with the average yield of 30.1 t/ha, which was higher by 9.5 t/ha, 2.0 t/ha, and 1.6 t/ha than that of the standard variety *Elizaveta*. They were plastic (b_i was 2.61, 1.54, and 3.00, respectively), but not stable (S_i^2 was 184.5, 135.6, and 270.2) in terms of yield. Variety samples 4568/8 (b_i – 0.73; S_i^2 – 15.7) and 2804/3 (b_i – 0.92; S_i^2 – 65.6) were characterized by low plasticity, but they less react to changes in environmental conditions. Variety samples 4568/10, 4602/9, and 1509/1 were the most adaptive to the conditions of the region (K_a was 1.49, 1.19, and 1.18, respectively). Prospective variety sample 4568/10 is planned to be transferred to the State Variety Testing.

Keywords: potato (*Solanum tuberosum*); variety pattern; yield; ecological plasticity; stability; adaptability; hydrothermal coefficient.

Author Details: L. A. Popova, Cand. Sc. (Econ.), senior research fellow (e-mail: arhniish@mail.ru); L. N. Golovina, senior research fellow; A. A. Shamanin research fellow.

For citation: Popova LA, Golovina LN, Shamanin AA. [Ecological plasticity and stability of potato varieties under conditions of the Arkhangelsk region]. Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2021;35(4):41-4. Russian. doi: 10.24411/0235-2451-2021-10406.

Для увеличения производства продукции картофелеводства в Архангельской области необходимо создание адаптивных сортов, сочетающих высокий потенциал урожайности, устойчивости к патогенам и высокой пластичности к широкой вариации экологических условий. Учитывая особенности почвенно-климатических условий, для северных регионов России необходимы раннеспелые и среднеранние сорта с периодом

вегетации 70...75 дней, урожайностью 25...30 т/га. В условиях современного рынка остро ощущается дефицит высокопродуктивных районированных сортов картофеля с повышенными качественными характеристиками, фитофторо- и нематодоустойчивых, способных формировать полноценный урожай на севере страны [1].

Создание новых перспективных сортов и их успешное агроэкологическое районирование необхо-

димы для повышения эффективности производства. Наличие в регионе взаимодополняющих сортов, максимально использующих конкретные экологические и агротехнические условия, обеспечивает устойчивость производства при неблагоприятных факторах среды возделывания. Для условий рискованного земледелия северных регионов России, где урожайность и другие хозяйственно-полезные признаки подвержены сильной изменчивости по годам из-за низких температур воздуха, позднего оттаивания почвы, поздних весенних и ранних осенних заморозков, особое значение имеет создание сортов с учётом параметров их адаптивности. Поэтому изучение реакции сортообразцов картофеля на абиотические условия с целью выделения перспективных для производства сортов актуально и имеет большое практическое значение [2, 3].

Использование природно-климатического фактора и естественного оздоровительного эффекта северной территории позволяет сохранить биологический потенциал сортов картофеля и обеспечивать производство высококачественным свободным от фитопатогенов исходным материалом для оригинального семеноводства [4].

Цель исследования – изучение адаптивности сортообразцов картофеля селекции Всероссийского научно-исследовательского института картофельного хозяйства им. А. Г. Лорха в условиях северного региона России для выделения лучших генотипов.

Условия, материалы и методы. Работу выполняли в Приморском филиале Федерального исследовательского центра комплексного изучения Арктики имени академика Н. П. Лаверова Уральского отделения Российской академии наук – Архангельский научно-исследовательский институт сельского хозяйства в 2018–2020 гг. на опытном поле, расположенном в ООО «Агрофирма «Холмогорская» (Архангельская область, Холмогорский район), в питомниках экологического испытания. Материалом для исследования служили 8 гибридных образцов картофеля среднеранней группы спелости селекции Всероссийского научно-исследовательского института картофельного хозяйства им. А. Г. Лорха и сорт-стандарт Елизавета (St).

Почва опытного участка средней степени окультуренности, дерново-подзолистая, супесчаная, $pH_{\text{сол.}}$ – 5,6 ед. (ГОСТ 26483-85), содержание P_2O_5 и K_2O (ГОСТ 26207-91) – больше 300 и 331 мг/кг почвы соответственно, органического вещества (ГОСТ 26213-91) – 2,96 %, гидролитическая кислотность – 3,71 мг-экв./100 г почвы, сумма обменных

оснований – 10,5 мг-экв./100 г почвы, степень насыщенности основаниями – 73,9 %.

Предшественник – однолетние травы. Технология выращивания картофеля – общепринятая для условий Архангельской области. Посадку проводили в первых числах июня клубнями массой 60...80 г. Схема посадки – 70×35 см. Опыты закладывали в соответствии с действующими методическими рекомендациями (*Методические указания по экологическому сортоиспытанию картофеля. М.: ВАСХНИЛ, 1982. 14 с.*, *Методические указания по технологии селекционного процесса картофеля / сост. Е. А. Симаков, Н. П. Склярова, И. М. Яшина И.М. М.: РАСХН, ВНИИХ им. А.Г.Лорха. 2006. 70 с.*). Площадь делянки – 14,6 м², повторность – четырехкратная, размещение – рендомизированное. Посадку ежегодно проводили в начале июня, когда почва на глубине 10 см прогревалась до 8...10 °С.

Комплексную оценку перспективных сортообразцов картофеля осуществляли по следующим показателям: продолжительность фенологических фаз развития, урожайность, поражение ризиктониозом, фитофторозом и вирусными болезнями, содержание сухого вещества и крахмала. Статистическую обработку экспериментальных данных выполняли методом дисперсионного анализа (*Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.*).

Показатели пластичности и стабильности сортов рассчитывали по методике С. А. Эберхарта и У. А. Рассела в изложении В. А. Зыкина (*Зыкин В. А., Мешкова В. В., Сапега В. А. Параметры экологической пластичности сельскохозяйственных растений, их расчет и анализ: методические рекомендации. Новосибирск: Сиб. отд-е ВАСХНИЛ, 1984. 23 с.*). Для анализа продуктивного и адаптивного потенциала сортообразцов по урожайности использовали методикой В. З. Пакудина и Л. М. Лопатиной (*Пакудин В. З., Лопатина Л. М. Оценка экологической пластичности и стабильности сортов сельскохозяйственных культур // Сельскохозяйственная биология. 1984. № 4. С. 109–113*). При расчете экологической пластичности сортообразцов учитывали среднюю урожайность по сортам (Y_i) и годам исследований (Y_j). Для вычисления коэффициента линейной регрессии b_i определяли индексы условий среды (I_j).

Метеорологические условия в годы проведения исследований значительно различались по температурному режиму и увлажненности. Вегетационный период 2018 г. был благоприятным для роста

Таблица 1. Метеорологические условия в период вегетации растений картофеля (данные Холмогорской метеостанции)

Показатель	Среднемноголетнее	2018 г.	2019 г.	2020 г.
Среднемесячная температура воздуха, °С				
Июнь	12,3	12,3	13,6	13,6
Июль	16,2	19,5	13,9	16,2
Август	14,1	15,5	11,6	13,2
За вегетацию	14,2	15,7	13,0	14,3
Сумма осадков, мм				
Июнь	59,0	77,9	55,9	32,0
Июль	63,0	32,0	86,0	94,8
Август	48,7	70,4	96,7	94,2
За вегетацию	170,7	180,3	238,6	221,0
Сумма эффективных температур, °С				
Период с $t > 10$ °С, дней	71,0	66,0	74,0	88,0
Сумма $t > 10$ °С	1127,0	1196,6	1054,5	1318,0

Таблица 2. Сравнительная характеристика сортов картофеля по продолжительности вегетационного периода

Сортообразец	Продолжительность периода, дней								
	посадка–всходы			всходы–цветение			цветение–уборка		
	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.
Елизавета (St)	29	21	21	32	43	33	40	39	42
4602/9	29	21	21	32	41	32	42	37	43
1509/1	26	23	22	34	38	35	40	43	39
2804/3	26	21	21	32	43	33	38	41	42
511/1	26	21	20	32	40	34	40	43	42
4568/6	29	21	21	34	43	32	40	40	43
4568/8	29	21	21	32	45	32	42	43	43
4568/10	29	21	21	32	43	32	40	39	43
4558/9	29	23	22	32	46	35	39	44	39

и развития растений картофеля – среднемесячная температура воздуха составила 15,7 °С, что на 1,5 °С выше среднегодового уровня, количество осадков превысило норму на 5,6 % (табл. 1). Величина гидротермического коэффициента (ГТК) соответствовала условиям с оптимальным увлажнением (ГТК – 1,5). Метеоусловия периода посадки–уборка 2019 г. характеризовались низкой температурой воздуха и неравномерным выпадением осадков. Среднемесячная температура воздуха составила 13 °С, что на 1,2 °С меньше среднегодовой, а количество осадков превысило норму на 39,8 %. ГТК был равен 1,7, что характеризует период как влажный. В 2020 г. средняя температура воздуха находилась на уровне среднегодовой, а сумма осадков в июле и августе превышала норму на 50...93 %. ГТК, как и в предыдущем году был равен 1,7.

Сумма активных температур в 2018 г. была выше среднегодовой на 69,6 °С, в 2020 г. – на 191 °С, в 2019 г. – ниже нормы на 72,5 °С. Световой день в районе, расположенном в Приполярье, летом продолжается практически круглосуточно. Это в определенной степени восполняет недостаток тепла и способствует повышению урожайности картофеля [5].

Результаты и обсуждение. Продолжительность периода посадки–всходы в 2018–2020 гг. составлял по сортам 20...29 дней, всходы–цветение – 32...45 дней, посадка–уборка – 94...96 дней (табл. 2). Состояния физиологической спелости растений не достигал ни один образец. В условиях северных регионов РФ, растения даже районированных сортов картофеля не успевают полностью завершить свое развитие (редко отмирание ботвы происходит естественным образом), что не позволяет полностью реализовать потенциал продуктивности [6].

Согласно результатам визуальной оценки (за-

кручивание и антоциановое окрашивание верхних листьев, язвы коричневого цвета на столонах) сорт Елизавета и гибрид 4568/10 характеризовались очень высокой устойчивостью к ризиктониозу – поражения в течение вегетационного периода не наблюдали (табл. 3). У остальных образцов она была

Таблица 3. Устойчивость сортов картофеля к болезням (среднее за 2018–2020 гг.)

Сортообразец	Степень поражения ботвы болезнями, %		
	фитофтороз	ризиктониоз	вирусные инфекции
Елизавета (St)	5	0	0
4568/6	10	3	0
4568/8	7	3	0
4568/10	5	0	0
4602/9	5	5	3
2804/3	9	5	4
1509/1	7	4	0
4558/9	15	5	0

средней (5 баллов) – фиксировали поражение менее 5 % растений. Визуальная оценка на устойчивость к вирусным болезням показала высокую устойчивость к ним всех селекционных образцов (7...9 баллов) – поражено отсутствовало или не превышало 10 %. Устойчивость к фитофторозу перед удалением ботвы была относительно высокой (7 баллов) – поражено от 5 до 15 % поверхности листьев и очень высокой (9 баллов) – единичные пятна на отдельных листьях растений. Наиболее высокая устойчивость к фитофторозу отмечена у сорта Елизавета, гибридов 4602/9 и 4568/10.

Урожайность изучаемых сортов картофеля в среднем за 3 года составила 25,1 т/га, что ниже сорта-стандарта Елизавета на 3,4 т/га. В то же время выделены генотипы, у которых она превышала 30 т/га.

Таблица 4. Урожайность и параметры экологической пластичности и стабильности сортов картофеля

Сортообразец	Урожайность, т/га			γ_i	Параметр адаптивности		
	2018 г.	2019 г.	2020 г.		b_i	S_{12}	Ka
Елизавета (St)	26,0	33,7	25,8	28,5	0,42	51,0	1,12
4568/6	24,8	30,5	21,2	25,5	1,09	80,2	0,99
4568/8	17,0	13,3	19,5	16,6	0,73	15,7	0,65
4568/10	46,4	35,3	32,4	38,0	2,61	184,5	1,49
4602/9	30,3	36,5	24,8	30,5	1,54	135,6	1,19
2804/3	24,9	13,2	18,2	18,8	0,92	65,6	0,73
1509/1	35,8	32,8	21,8	30,1	3,00	270,2	1,18
511/1	25,8	21,2	17,6	21,5	1,62	71,4	0,84
4558/9	17,3	18,0	23,9	19,7	1,45	36,1	0,77
HCP ₀₅	2,4	3,6	2,9	—	—	—	—
ΣY_{ij}	248,3	234,5	205,2	229,2	—	—	—
Среднее Y_i	27,6	26,1	22,8	25,5	—	—	—
Индекс среды I_j	2,1	0,60	-2,7	—	—	—	—

В среднем за 2018–2020 гг. наибольшую урожайность 38,0 т/га (+9,5 т/га к стандарту) сформировал гибрид 4568/10, причем в благоприятном 2018 г. величина этого показателя у него достигала 46,4 т/га (+20,4 т/га к стандарту). Кроме того, за годы испытаний превзошли стандарт по урожайности гибриды 4602/9 и 1509/1, у которых она составила 30,5 и 30,1 т/га соответственно.

Лучшие за годы исследований метеоусловия для выращивания картофеля сложились в 2018 г., когда средняя по всему набору сортов урожайность составила 27,6 т/га, а индекс среды (I_j) – 2,1. Самым неблагоприятным оказался 2020 г., когда индекс среды был отрицательным (–2,7), а средний сбор клубней снизился до 22,8 т/га (табл. 4).

Высокопластичными (b_i намного больше 1) оказались сортообразцы 1509/1, 4568/10, 511/1, 4602/9, 4558/9. При этом гибрид 4568/10 в неблагоприятном 2020 г. снизил урожайность на 14 т/га, или на 30 %. Аналогичное ее изменение (39 %) отмечено и у образца 1509/1. У селекционных образцов 4602/9 и 511/1 уменьшение величины этого показателя составляло 5,5 и 8,2 т/га соответственно. У гибридов 4568/8 и 4558/9 сбор клубней с единицы площади в неблагоприятном 2020 г. увеличился, по сравнению с 2018 г., на 2,5 и 6,6 т/га, или на 15 и 38 % соответственно. В сравнении урожайности сорта-стандарта Елизавета и гибридов четкой зависимости по годам исследований не установлено.

Гибриды 4568/8 ($b_i - 0,73$; $S_i^2 - 15,7$) и 2804/3 ($b_i - 0,92$; $S_i^2 - 65,6$) характеризовались низкой пластичностью и меньше реагировали на изменения условий среды. Сорт-стандарт Елизавета так же отнесен к генотипам, сочетающим низкую экологическую пластичность и стабильность ($b_i - 0,42$; $S_i^2 - 51$).

Наиболее адаптивными к условиям выращивания были гибриды 4568/10 ($K_a - 1,49$), 4602/9 ($K_a - 1,19$)

и 1509/1 ($K_a - 1,18$). В целом коэффициент адаптивности (K_a) варьировал от 0,65 до 1,49.

В результате проведенных исследований по урожайности и высокой экологической адаптивности выделен образец 4568/10. По срокам созревания он относится к среднеранней группе спелости, устойчив к парше обыкновенной и фитофторозу. По результатам испытаний на устойчивость к возбудителю рака (Далемский патотип) и золотистой картофельной нематоды (патотип RO1), проведенным в лабораторных (2019 г.) и полевых (2020 г.) условиях во Всероссийском пункте по испытанию картофеля на устойчивость к раку и нематоды (ВНИИКС им. А. Г. Лорха) гибрид охарактеризован как устойчивый.

Выводы. В результате сравнительного анализа сортообразцов картофеля в условиях северного региона России выделен перспективный гибрид 4568/10 со средней урожайностью 38,0 т/га (в благоприятных условиях до 46,4 т/га). Он относится к сортам интенсивного типа, хорошо отзывается на улучшение условий выращивания, высокопластичный ($b_i - 2,61$), характеризуется средними показателями стабильности ($S_i^2 - 184,5$) и высокой адаптивностью ($K_a - 1,49$). Он планируется к передаче на Государственное сортоиспытание.

Кроме того, за годы испытаний выделен сортообразец 4568/8 ($b_i - 0,73$; $S_i^2 - 15,7$), который отличается низкой пластичностью, более высокой стабильностью и меньше реагирует на изменения условий среды. Этот гибрид интересен для селекционного изучения в условиях Архангельской области.

Кроме того, высокий адаптивный потенциал отмечен у сортообразцов 4602/9 и 1509/1 ($K_a - 1,19$ и $1,18$ соответственно). Сорт-стандарт Елизавета отнесен к экстенсивной группе ($b_i - 0,42$; $S_i^2 - 51$), при средней за 3 года урожайности на уровне 28,5 т/га.

Литература.

1. Новые сорта и гибриды картофеля, рекомендованные для возделывания в среднетаежной зоне Европейского Северо-Востока / Н. Т. Чеботарев, А. А. Юдин, П. И. Конкин и др. // *Аграрная наука*. 2019. № 2. С. 60–63. doi: 10.32634/0869-8155-2019-322-2-60-63.
2. Рыбась И. А. Повышение адаптивности в селекции зерновых культур // *Сельскохозяйственная биология*. 2016. Т. 51. № 5. С. 617–626. doi: 10.15389/agrobiology.2016.5.617rus.
3. Ториков В. Е., Богомаз О. А. Экологическая пластичность и стабильность новых сортов картофеля // *Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии*. 2008. № 4. С. 60–63.
4. Оценка продуктивности и адаптивности сортов картофеля различных групп спелости в условиях Архангельской области / Л. А. Попова, Л. Н. Головина, А. А. Шаманин и др. // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2017. № 3 (58). С. 26–31.
5. Анисимов Б. В. Фитосанитарные условия и их роль в безвирусном семеноводстве картофеля // *Защита и карантин растений*. 2014. № 11. С. 14–19.
6. Котова З. П. Развитие растений и потенциальная продуктивность у районированных сортов картофеля в северном регионе в зависимости от погодных условий // *Сельскохозяйственная биология*. 2009. № 1. С. 72–76.

References

1. Chebotarev NT, Yudin AA, Konkin PI, et al. [New varieties and hybrids of potato recommended for cultivation in the middle taiga zone of the European North-East]. *Agrarnaya nauka*. 2019;(2):60-3. Russian. doi: 10.32634/0869-8155-2019-322-2-60-63.
2. Rybas' IA. [Improvement of adaptability in cereal breeding]. *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya*. 2016;51(5):617-26. Russian. doi: 10.15389/agrobiology.2016.5.617rus.
3. Torikov VE, Bogomaz OA. [Ecological plasticity and stability of new potato varieties]. *Vestnik Bryanskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii*. 2008;(4):60-3. Russian.
4. Popova LA, Golovina LN, Shamanin AA, et al. [Evaluation of productivity and adaptability of potato varieties of different ripeness groups under conditions of the Arkhangelsk region]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka*. 2017;(3):26-31. Russian.
5. Anisimov BV. [Phytosanitary conditions and their role in virus-free potato seed production]. *Zashchita i karantin rastenii*. 2014;(11):14-9. Russian.
6. Kotova ZP. [Plant development and potential productivity of zoned potato varieties in the northern region, depending on weather conditions]. *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya*. 2009;(1):72-6. Russian.