

ISSN 1029-8940 (Print)
ISSN 2524-230X (Online)
УДК 634.737:581.522.4
<https://doi.org/10.29235/1029-8940-2022-67-2-206-218>

Поступила в редакцию 15.02.2022
Received 15.02.2022

Н. Б. Павловский

Центральный ботанический сад НАН Беларуси, Минск, Республика Беларусь

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ АДАПТИВНОСТИ СОРТОВ ГОЛУБИКИ ВЫСОКОРОСЛОЙ, ИНТРОДУЦИРОВАННЫХ В БЕЛАРУСИ

Аннотация. На основании результатов 13-летних исследований урожайности 20 сортов голубики высокорослой и 3 сортов голубики полувисокорослой, интродуцированных в Беларуси из разных географических регионов мира, рассчитаны различные показатели адаптивности. Установлено, что сорта голубики высокорослой характеризуются значительной вариабельностью урожайности. В общую изменчивость урожайности сортов голубики преобладающий вклад (45,9 %) вносит взаимодействие факторов «сорт» и «год». Высокоурожайные и урожайные сорта голубики характеризуются большей генетической и экологической пластичностью, но слабой стрессоустойчивостью и низкой стабильностью. По комплексу показателей адаптивности оцениваемые культивары голубики классифицированы на три группы: 1) высокоурожайные и урожайные сорта, пластичные, но нестабильно плодоносящие; 2) среднеурожайные сорта, стабильно плодоносящие, характеризующиеся низкой и средней пластичностью; 3) низкоурожайные сорта, малоприспособленные для промышленного возделывания в условиях Беларуси.

Ключевые слова: голубика высокорослая *Vaccinium corymbosum*, интродукция, сорт, урожайность, адаптивность, пластичность, стабильность, гомеостатичность, устойчивость, Беларусь

Для цитирования: Павловский, Н. Б. Оценка экологической адаптивности сортов голубики высокорослой, интродуцированных в Беларуси / Н. Б. Павловский // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. біял. навук. – 2022. – Т. 67, № 2. – С. 206–218. <https://doi.org/10.29235/1029-8940-2022-67-2-206-218>

Nikolay B. Pavlovskiy

Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Republic of Belarus

EVALUATION OF ECOLOGICAL ADAPTABILITY OF BLUEBERRY CULTIVARS INTRODUCED IN BELARUS

Abstract. Based on the results of a 13-year study of the yield of 20 cultivars of highbush blueberry and 3 cultivars of half-highbush blueberry, introduced in Belarus from different geographical regions of the world, various indicators of adaptability were calculated. It has been established that tall blueberry cultivars are characterized by significant yield variability. The prevailing contribution to the overall yield variability of blueberry cultivars (45.9 %) was made by the interaction of factors “cultivar × year”. High-yielding and yielding cultivars of blueberries are characterized by greater genetic and ecological plasticity, but weak stress resistance and low stability. According to the set of adaptability indicators, the assessed blueberry cultivars are classified into 3 groups: 1) high-yielding and yielding cultivars, plastic, but unstable fruiting; 2) medium-yielding cultivars, stably fruiting, characterized by low and medium plasticity; 3) low-yielding cultivars unsuitable for industrial cultivation in Belarus.

Keywords: highbush blueberry *Vaccinium corymbosum*, introduction, cultivar, productivity, adaptability, plasticity, stability, homeostasis, stability, Belarus

For citation: Pavlovskiy N. B. Evaluation of ecological adaptability of blueberry cultivars introduced in Belarus. *Vestsi Natsyynal'най akademii navuk Belarusi. Seryya biyalagichnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Biological series*, 2022, vol. 67, no. 2, pp. 206–218 (in Russian). <https://doi.org/10.29235/1029-8940-2022-67-2-206-218>

Введение. Голубика высокорослая (*Vaccinium corymbosum* L.) – относительно новая, интродуцированная в Беларуси ягодная культура, родиной которой является Северная Америка. В последние годы голубика приобретает все большую популярность в промышленном и приусадебном садоводстве республики [1]. Выявление сортов этой культуры, характеризующихся высокой продуктивностью, экологической пластичностью и стабильностью при воздействии стресс-факторов новых условий среды, является одной из важнейших задач интродукционных исследований.

Для оценки соответствия сорта условиям выращивания и его реакции на изменения этих условий предложено использовать пластичность и стабильность сорта как меру онтогенетической адаптивности и гомеостатичности растений [2]. Под экологической пластичностью подразумева-

ется средняя реакция растительного таксона на изменение условий среды, под стабильностью – отклонение эмпирических данных в каждом условии среды от этой средней реакции [3].

Экологическую пластичность и стабильность сортов можно оценивать, используя такие признаки, как морфометрические параметры растения, их устойчивость, содержание вещества и др. [3]. Одним из важнейших как с биологической, так и с хозяйственной точки зрения является репродуктивный критерий, так как в нем проявляется итог всей жизнедеятельности растения. В. А. Медведев и А. А. Ильенко [4] подчеркивают, что показатель, отражающий результат жизнедеятельности растения, является объективной итоговой оценкой успешности интродукции, т. е. выходным параметром системы растение–среда. По мнению этих авторов, именно выходные параметры системы позволяют судить о всех без исключения видах устойчивости, индуцированных всем комплексом стрессовых факторов, т. е. интегральным оценочным критерием итоговой оценки успешности интродукции. К тому же репродуктивный критерий обладает свойством прямой измеримости. Применительно к растениям голубики данный показатель отражает способность сорта в новых условиях среды формировать высокую и стабильную урожайность, являющуюся конечной целью интродукции ягодных растений.

В настоящее время разработан ряд методических подходов и статистических показателей оценки экологической адаптивности генотипов различных сельскохозяйственных культур [2, 3, 5, 6].

Целью настоящих исследований являлась оценка экологической адаптивности сортов голубики высокорослой по признаку «урожайность», а также выделение культиваров, сочетающих высокую продуктивность и экологическую адаптивность.

Объекты, методика и условия исследования. Исследования проводились в течение 2004–2016 гг. в отраслевой лаборатории интродукции и технологии нетрадиционных ягодных растений Центрального ботанического сада НАН Беларуси, расположенной в Ганцевичском районе Брестской области (N 52°74', E 26°38').

Объектом исследований являлись интродуцированные из разных эколого-географических регионов мира растения 20 сортов голубики высокорослой: 'Bluecrop', 'Blueray', 'Bluetta', 'Coville', 'Croatan', 'Darrow', 'Duke', 'Earliblue', 'Hardyblue', 'Herbert', 'Jersey', 'Nelson', 'Patriot', 'Rubel', 'Weymouth' (США), 'Reka' (Новая Зеландия), 'Bluerose', 'Carolinablue', 'Denise Blue' (Австралия) и 3 сорта голубики полувисокорослой: 'Northblue', 'Northcountry', 'Northland' (США). В качестве стандарта был принят районированный в Беларуси и широко распространенный среднеспелый сорт 'Bluecrop'.

Насаждения голубики были созданы двулетними корнесобственными саженцами в 1999 г. Схема посадки растений – 2,0×1,5 м. Почва на участке торфяно-глеевая, мелиорированная, верхового типа на пушицево-сфагновом торфе, подстилаемая рыхлым разнородным песком. Торф среднеразложившийся с pH_{H_2O} 4,5. Приствольная полоса насаждений замульчирована древесными опилками слоем 10 см и шириной 1 м. Между рядами содержались в естественном задернении. Насаждения были оборудованы системой орошения, которое использовалось в засушливые периоды. Оценка сортов проводилась на естественном фоне, без защиты растений от вредных организмов.

Интродукционные исследования выполнены в соответствии с «Программой и методикой сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур» [7].

Оцениваемый признак – урожайность ягод. Учет урожайности проводили ежегодно весовым способом [7]. Сбор плодов осуществляли в 2–5 приема с каждого учетного растения по мере созревания ягод. Среднюю многолетнюю урожайность сортов голубики определяли с момента вступления растений в стадию промышленного плодоношения (6 лет). Фактором воздействия являлись почвенно-климатические условия пункта интродукции в годы исследований. По величине урожайности исследуемые сорта классифицировали на следующие группы: высокоурожайные (4 кг/раст и выше), урожайные (3–4 кг/раст), среднеурожайные (2–3 кг/раст), малоурожайные (менее 2 кг/раст).

Для оценки адаптивных свойств исследуемых сортов голубики были рассчитаны следующие статистические показатели: средняя урожайность ($\bar{x} = Y$), коэффициент (экологической) вариации (V), экологическая пластичность (b_i), стрессоустойчивость ($Y_{\min} - Y_{\max}$), генетическая пластичность ($(Y_{\min} + Y_{\max})/2$), коэффициент адаптивности (K_a), стабильность (фенотипическая) (S_{di}^2), гомеостатичность (Hom), селекционная ценность (Sc).

Значения коэффициентов b_i , V и показателя S_{di}^2 рассчитывали на основе математической модели S. A. Eberhart, W. A. Russell [8].

Показатели $Y_{\min} - Y_{\max}$ и $(Y_{\min} + Y_{\max})/2$ вычисляли по формулам А. А. Rossille, J. Hamblin [9], коэффициент K_a – по методике Л. А. Животкова с соавт. [10], Hom и Sc – по формулам В. В. Хангильдина, Н. А. Литвиненко [11].

Характеристика погодных условий выполнена по данным метеостанции г. Ганцевичи. Для оценки уровня влагообеспеченности территории вычисляли гидротермический коэффициент Селянинова (ГТК) как отношение суммы осадков к сумме среднесуточных температур (10 °C и выше) с коэффициентом 0,1 [12]. Величина ГТК в пределах 1,0–1,4 указывает на оптимальное увлажнение почвы, более 1,4 – на избыточное, менее 1,0 – на засуху. Погодно-климатические показатели (сумма осадков, сумма температур, среднесуточная температура воздуха и ГТК) определяют за период роста и созревания ягод голубики (июнь–июль).

Метеорологические условия в годы исследований значительно варьировались (табл. 1). Наиболее благоприятные погодные условия для роста и развития плодов голубики были в 2009 г. (ГТК составил 2,30, индекс среды (I_j) – 1,23) (табл. 2). В 2009 г. за период роста и созревания плодов голубики выпало 247 мм осадков, что превысило норму на 67 мм (37 %), а температура воздуха находилась на уровне средней многолетней (17,7 °C). Неблагоприятные метеорологические условия для плодоношения голубики сложились в 2005 и 2014 гг. Наиболее холодным был сезон 2014 г. (ГТК составил 1,65, I_j – 0,08). В целом метеорологические условия в 2004–2016 гг. существенно отличались по годам, что позволило оценить исследуемые сорта голубики на разном погодно-климатическом фоне.

Т а б л и ц а 1. Погодно-климатические условия в июне–июле 2004–2016 гг. в Ганцевичском районе

Table 1. Weather-climatic conditions in June–July 2004–2016 in the Gantsevichi district

Показатель	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Сумма атмосферных осадков, мм	179	77	162	312	175	247	91	279	209	171	121	92	158
Сумма температур воздуха, °C	1009	1066	1109	1117	1060	1073	1247	1165	1120	1124	1125	1092	1163
Среднесуточная температура воздуха, °C	16,5	17,5	18,2	18,5	17,4	17,7	20,2	19,2	18,4	18,4	18,6	18,1	19,1
Гидротермический коэффициент Селянинова	1,77	0,72	1,46	2,80	1,65	2,30	0,73	2,39	1,87	1,52	1,07	0,84	1,36

Т а б л и ц а 2. Средняя урожайность сортов голубики высокорослой и индексы условий среды в 2004–2016 гг., кг/раст

Table 2. Average yield of highbush blueberry cultivars and indices of environmental conditions in 2004–2016, kg/plant

Сорт	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	ΣY_i	Y_i
Bluecrop	2,30	1,38	1,90	0,56	1,50	2,28	2,40	0,70	3,90	4,34	1,56	3,14	1,44	30,34	2,33
Blueray	0,70	0,80	1,60	0,74	1,80	3,66	1,62	1,26	2,26	1,72	1,82	2,20	1,30	22,74	1,75
Bluerose	0,34	0,18	0,42	0,22	0,58	0,80	0,60	0,08	1,08	0,20	0,26	0,72	0,50	6,36	0,49
Bluetta	0,56	1,50	1,86	1,49	1,80	2,82	2,10	2,90	3,80	5,60	0,70	4,30	2,06	32,10	2,47
Carolinablue	0,20	0,20	0,28	0,01	0,20	0,42	0,50	0,50	0,30	0,20	0,58	0,70	0,90	5,58	0,43
Coville	1,46	0,76	2,40	0,52	3,10	2,48	2,50	0,90	2,18	2,42	1,08	1,72	1,38	25,88	1,99
Croatan	0,40	0,14	1,06	1,13	2,60	1,90	1,00	0,12	1,40	4,00	0,40	3,48	3,06	20,96	1,61
Darrow	1,00	0,46	1,02	0,50	2,00	2,10	1,10	1,32	1,60	2,20	0,88	1,34	1,70	17,92	1,38
Denise Blue	2,00	1,50	3,00	1,46	2,20	4,00	3,00	2,00	7,90	4,40	3,08	3,88	2,08	43,04	3,31
Duke	0,80	0,94	1,56	1,52	1,30	2,10	2,10	1,10	5,72	6,00	2,08	3,68	1,74	30,06	2,31
Earliblue	2,12	1,32	1,40	0,78	1,18	3,60	1,50	1,14	2,76	2,30	1,50	3,30	2,00	26,84	2,06
Elizabeth	1,00	0,92	3,50	0,86	3,80	3,50	2,00	2,20	0,80	3,60	0,72	2,94	1,62	31,60	2,43
Hardyblue	0,56	1,02	1,94	0,80	2,68	3,00	1,10	0,30	1,90	3,10	1,56	2,22	1,32	23,40	1,80

Окончание табл. 2

Сорт	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	ΣY_i	Y_i
Herbert	0,38	0,50	2,34	0,94	3,22	3,70	0,92	0,10	2,30	2,10	1,40	1,60	1,04	20,90	1,61
Jersey	1,26	1,54	2,68	0,86	3,80	3,60	4,92	2,40	4,40	3,90	1,30	1,56	2,34	36,46	2,80
Nelson	1,00	0,20	0,30	0,75	1,10	1,20	0,92	0,50	0,72	2,90	0,22	3,12	1,38	14,46	1,11
Northblue	1,16	1,68	3,56	2,02	0,80	6,90	0,60	7,80	2,60	4,50	0,52	7,60	4,28	42,46	3,27
Northcountry	0,60	0,92	2,40	2,31	1,10	5,10	1,40	7,92	4,80	7,60	0,46	5,54	3,14	42,68	3,28
Northland	3,50	2,32	2,74	0,14	3,00	4,46	2,48	2,22	1,48	2,10	1,82	2,30	2,50	33,92	2,61
Patriot	0,40	0,90	3,54	2,41	4,50	4,90	3,80	3,00	6,42	4,80	0,72	6,96	3,28	43,82	3,37
Reka	3,70	0,90	3,50	1,06	2,80	6,40	2,76	3,10	6,00	3,60	1,70	0,92	3,76	42,94	3,30
Rubel	2,00	3,40	4,66	1,47	4,30	8,14	4,30	4,38	7,76	2,30	3,00	4,26	3,00	59,50	4,58
Weymouth	3,76	6,12	3,30	2,03	8,00	6,76	4,50	3,60	5,40	2,98	2,02	14,00	3,00	66,04	5,08
ΣY_j	31,20	29,60	50,96	55,38	57,36	83,82	48,12	49,54	77,48	76,86	29,38	81,48	48,82	720,00	55,38
Y_j	1,36	1,29	2,22	2,41	2,49	3,64	2,09	2,15	3,37	3,34	1,28	3,54	2,12		2,41
I_j	-1,05	-1,12	-0,21	0	0,08	1,23	-0,32	-0,26	0,96	0,93	-1,13	1,13	-0,29		

Год с максимальным проявлением исследуемого признака и самым высоким значением I_j принят в оценках урожайности как Y_{\max} (2009 г.), с минимальным проявлением урожайности и наименьшим показателем индекса среды – за Y_{\min} (2014 г.). Оценку экологической адаптивности сортов голубики проводили на основании ранжирования вычисленных показателей по возрастанию их важности, присваивая им числа от 1 до 23.

Вычисление статистических показателей выполняли с применением пакета анализа данных программы Microsoft Excel на 95 %-ном уровне значимости.

Результаты и их обсуждение. Оцениваемые сорта голубики за 13-летний период исследования реализовывали генетический потенциал продуктивности под влиянием внешних факторов среды пункта интродукции по-разному, о чем свидетельствует широкий интервал изменчивости средней урожайности как по сортам, так и по годам.

Средняя урожайность исследуемых культиваров голубики варьировалась от 0,43 кг/раст у сорта ‘Carolinablue’ до 5,08 кг/раст у сорта ‘Weymouth’ (табл. 2). В наиболее благоприятный по температурному режиму и количеству выпавших осадков 2009 г. ($I_j = 1,23$) среднесортная урожайность голубики составила 3,64 кг/раст. В 2014 г., который был неблагоприятным для плодоношения этой культуры ($I_j = -1,13$), средняя урожайность исследуемых сортов была в 2,8 раза ниже и составила 1,28 кг/раст. Более детальный анализ ягодной продуктивности оцениваемых сортов голубики в условиях пункта интродукции выполнен нами ранее [13].

На основании результатов двухфакторного дисперсионного анализа выявлены достоверные различия по урожайности у исследуемых сортов голубики – фактический критерий Фишера (F_{ϕ}) больше табличного критерия ($F_{0,05}$) как по фактору год ($F_{\phi} = 9,27$), так и по фактору сорт ($F_{\phi} = 8,92$), что свидетельствует о наличии связи между внешними условиями и генотипом для всей совокупности оцениваемых культиваров (табл. 3). Анализ доли вклада каждого фактора показал, что колебания ягодной продуктивности голубики на 45,9 % определяет взаимодействие факторов «сорт × год». Это указывает на большой резерв дальнейшего повышения урожайности голубики и ее стабильности за счет использования высокопродуктивных и адаптивных сортов этой культуры. Существенное влияние (35,5 %) на урожайность голубики оказывали погодные условия года, что свидетельствует о преобладающей доле средовых условий по годам испытаний и о значимости их влияния на фенотипическую изменчивость продуктивности. Применение агротехнических мероприятий (орошение, защита от заморозков, града и др.), направленных на снижение влияния неблагоприятных метеорологических условий, будет содействовать повышению продуктивности голубики. Влияние сорта как отдельного фактора было менее значимо и составило 18,6 %.

Т а б л и ц а 3. Значимость и влияние факторов на урожайность голубики высокорослой по данным двухфакторного дисперсионного анализа (2004–2016 гг.)

T a b l e 3. Significance and influence of factors on the yield of highbush blueberry according to two-way analysis of variance (2004–2016)

Источник варьирования	Степень свободы	Сумма квадратов	Дисперсия	F_{ϕ}	$F_{0,05}$	Влияние фактора, %
Год	12	374,6	17,0	9,27	1,58	35,5
Сорт	22	196,5	16,4	8,92	1,79	18,6
Сорт × год	264	484,7	1,84			45,9

Одной из важнейших адаптационных характеристик сорта в новых климатических условиях является его стрессоустойчивость, которая определяется по разности между минимальной и максимальной урожайностью ($Y_{\min} - Y_{\max}$). Этот показатель, отражающий уровень устойчивости сорта к стрессовым условиям произрастания, имеет отрицательное значение (чем меньше разница между минимальной и максимальной урожайностью, тем выше стрессоустойчивость культивара и шире диапазон его приспособительных возможностей [9]). Среди исследуемых культиваров наиболее высокая стрессоустойчивость ($-0,02$ кг/раст) отмечена у сорта 'Duke' (табл. 4), достигнутая за счет относительно высокой урожайности в стрессовый 2014 г. и низкой урожайности в 2009 г. с высоким I_j (1,23). Невысокая разница между максимальной и минимальной урожайностью отмечена у сортов 'Bluerose', 'Carolinablue' и 'Nelson', отличающихся низкой продуктивностью как в благоприятных, так и в неблагоприятных условиях среды. По данному критерию положительно характеризовался высокоурожайный сорт 'Denise Blue' ($-0,92$ кг/раст). Наиболее низкую стрессоустойчивость ($-6,38$ кг/раст) проявил высокоурожайный сорт 'Northblue' по причине нестабильного плодоношения из-за периодического повреждения цветковых почек возвратными морозами [14]. Низкие показатели устойчивости к стрессу также отмечены у сортов 'Weymouth', 'Northcountry', 'Patriot', 'Reka' и 'Rubel', характеризующихся высокой, но неустойчивой урожайностью. Следует отметить, что для практического использования интерес представляют высокопродуктивные генотипы с незначительной разницей между максимальной и минимальной урожайностью, т. е. устойчивые к стрессовым воздействиям абиотических факторов.

Т а б л и ц а 4. Показатели урожайности и экологической адаптивности сортов голубики высокорослой по признаку «урожайность» за 2004–2016 гг.

T a b l e 4. Indicators of yield and ecological adaptability of highbush blueberry cultivars based on "yield" for 2004–2016

Сорт	Урожайность ($\bar{x} \pm m_x$), кг/раст	V, %	$Y_2 - Y_1$, кг/раст	$(Y_2 + Y_1)/2$, кг/раст	b_i	S_{di}^2	Hom	Ka	Sc
Bluecrop (st)	2,33 ± 0,75	46	-0,72	1,92	0,80	0,23	4,89	1,01	1,59
Blueray	1,75 ± 0,51	43	-1,84	2,74	0,66	0,43	4,08	0,72	0,87
Bluerose	0,49 ± 0,19	58	-0,54	0,53	0,20	0,03	0,32	0,20	0,16
Bluetta	2,47 ± 0,96	57	-2,12	1,76	1,39	2,76	4,29	0,97	0,61
Carolinablue	0,43 ± 0,15	52	-0,16	0,50	0,01	0	0,84	0,20	0,59
Coville	1,99 ± 0,58	42	-1,40	1,78	0,47	0,21	4,66	0,85	0,87
Croatan	1,61 ± 0,89	81	-1,50	1,15	1,06	1,30	1,98	0,61	0,34
Darrow	1,38 ± 0,35	37	-1,22	1,49	0,45	0,19	3,66	0,64	0,58
Denise Blue	3,31 ± 1,13	50	-0,92	3,54	1,04	1,64	6,60	1,36	2,55
Duke	2,31 ± 1,19	75	-0,02	2,09	1,42	1,79	3,05	0,90	2,29
Earliblue	2,06 ± 0,56	40	-2,10	2,55	0,71	0,47	5,17	0,87	0,86
Elizabeth	2,43 ± 0,94	57	-2,78	2,11	0,78	0,57	4,25	1,00	0,50
Hardyblue	1,80 ± 0,62	51	-1,44	2,28	0,76	0,72	3,52	0,75	0,94
Herbert	1,61 ± 0,74	68	-2,30	2,55	0,84	0,68	2,38	0,65	0,61
Jersey	2,80 ± 0,83	44	-2,30	2,45	0,72	0,51	6,37	1,19	1,01
Nelson	1,11 ± 0,63	83	-0,98	0,71	0,71	0,43	1,34	0,43	0,92
Northblue	3,27 ± 1,87	84	-6,38	3,71	1,88	3,15	3,87	1,29	0,25

Окончание табл. 4

Сорт	Урожайность ($\bar{x} \pm m_x$), кг/раст	V, %	$Y_2 - Y_1$, кг/раст	$(Y_2 + Y_1)/2$, кг/раст	b_i	S_{di}^2	Hom	Ka	Sc
Northcountry	3,28 ± 1,79	80	-4,64	2,78	2,14	4,13	4,09	1,10	0,29
Northland	2,61 ± 0,52	29	-2,64	3,14	0	0,06	8,85	1,22	1,06
Patriot	3,37 ± 1,49	65	-4,18	2,81	2,23	4,49	5,16	1,28	0,49
Reka	3,30 ± 1,11	50	-4,70	4,05	0,77	0,90	6,64	1,42	0,87
Rubel	4,58 ± 1,43	46	-5,14	5,57	1,31	1,67	9,99	1,96	1,69
Weymouth	5,08 ± 2,18	63	-4,74	4,39	1,85	3,18	8,04	2,18	1,52

Генетическую пластичность сорта ($(Y_{\min} + Y_{\max})/2$) отражает средняя урожайность в контрастных (стрессовых и нестрессовых) условиях. Чем больше значение этого показателя, тем выше степень соответствия между генотипом культивара и факторами среды [9]. По результатам наших исследований, высокой генетической пластичностью обладают сорта голубики 'Rubel' (5,57 кг/раст), 'Weymouth' (4,39 кг/раст) и 'Reka' (4,05 кг/раст). Следует подчеркнуть, что эти культивары характеризуются относительно высокой урожайностью. Очень низкие показатели генетической гибкости отмечены для низкоурожайных сортов 'Carolinablue' (0,50 кг/раст), 'Bluerose' (0,53 кг/раст) и 'Nelson' (0,71 кг/раст), которые характеризуются как высокострессоустойчивые.

Для оценки адаптивности генотипа исследователи используют коэффициент вариации (V). Некоторые авторы считают, что этот показатель характеризует стабильность генотипа [5, 15], другие – что он является одним из критериев оценки его пластичности [16–19]. В условиях сравнительного испытания культиваров голубики величина коэффициента вариации их урожайности варьировалась от 29 до 84 %. Самым стабильным культиваром по этому показателю был среднеурожайный сорт 'Northland' (29 %). Относительно высокие показатели коэффициента вариации (80–84 %), указывающие на сильную вариабельность урожайности по годам, отмечены у сортов 'Croatan', 'Nelson', 'Northblue' и 'Northcountry'.

Важнейшим показателем оценки адаптивности сортов является их экологическая пластичность. По мнению многих исследователей, пластичность – это модифицируемость признака, позволяющая приспособливаться к изменяющимся условиям среды [16, 19]. К пластичным относят сорта с повышенным откликом на внешние условия. Реакцию сорта на изменение условий среды отражает коэффициент линейной регрессии (b_i) [8]. Сорта с $b_i > 1$ требовательны к среде обитания и в благоприятных условиях продуцируют максимальную урожайность. При этом чем выше значение b_i , тем большей зависимостью от внешних условий обладает сорт. Культивары с повышенным откликом на внешние условия среды относят к сортам интенсивного типа [8]. Культивары с $b_i < 1$ проявляют слабую реакцию на изменение внешних условий, чем в среднем все оцениваемые сорта. Такие культивары считают экстенсивными. При $b_i = 1$ имеется полное соответствие изменения внешних условий изменению признака сорта.

Полученные результаты показывают, что среди оцениваемых культиваров наиболее пластичным являлся сорт 'Patriot' (2,23), у которого формирование урожая плодов происходило с более высокой зависимостью от изменяющихся экологических условий, чем у других сортов (табл. 4). По мере снижения коэффициента регрессии сорта голубики расположились в следующей последовательности: 'Northcountry' (2,14), 'Northblue' (1,88), 'Weymouth' (1,85), 'Duke' (1,42), 'Bluetta' (1,39), 'Rubel' (1,31). У сортов 'Croatan' (1,06) и 'Denise Blue' (1,04) значения коэффициента регрессии оказались близкими к единице, соответственно, эти культивары адекватно реагируют на изменяющиеся внешние условия. Слабее других сортов (экстенсивно) на изменение экологических условий откликались культивары 'Northland' (0) и 'Carolinablue' (0,01). Поскольку сорт 'Northland' характеризуется относительно высокой урожайностью и низкой пластичностью, его можно отнести к полуинтенсивному типу. Также полуинтенсивными можно считать сорта 'Bluecrop', 'Earliblue', 'Elizabeth', 'Jersey' и 'Reka' с $b_i < 1$ и средней урожайностью ягод более 2,0 кг/раст. Эти культивары сочетают в себе способность обеспечивать умеренную урожайность и низкую зависимость от экологических условий.

Потенциал модификационной и генотипической изменчивости признаков растений наряду с пластичностью отражает критерий «стабильность» [8]. Понятие «стабильность» используется

в широком и узком смысле слова. В широком смысле стабильными считаются те генотипы, у которых изменение условий среды не влияет на развитие признаков. В узком смысле ее определяют как степень отклонения признака на изменение условий среды конкретного генотипа от среднего отклика всей выборки генотипов. Для количественной оценки стабильности S. A. Eberhart, W. A. Russell [8] предложили использовать показатель дисперсии (S_{di}^2), параметр отклонения которой характеризует стабильность генотипа в различных условиях среды. Наибольшую ценность представляют сорта, у которых значение дисперсии стремится к нулю: такие культивары относятся к высокостабильным, и, соответственно, чем выше значение дисперсии, тем более нестабилен сорт. Среди изучаемых таксонов голубики самым стабильным являлся сорт 'Carolinablue' (0), который ежегодно давал самую низкую урожайность. Следует отметить, что и у других низкоурожайных сортов, таких как 'Bluegose', 'Coville' и 'Darrow', отмечена относительно стабильная урожайность. Высокая стабильность плодоношения отмечена у среднеурожайных сортов 'Bluecrop' (0,23) и 'Northland' (0,06). Самым нестабильным сортом являлся 'Patriot' (4,49), характеризующийся относительно высокой урожайностью – 3,37 кг/раст. Сравнительно высокие значения дисперсии (3,15–4,13), указывающие на нестабильность плодоношения, характерны также для высокоурожайных сортов голубики 'Northblue', 'Northcountry' и 'Weymouth', продуцирующих урожайность 3,0 кг/раст и более. Одной из основных причин низкой стабильности урожайности сортов 'Northcountry', 'Northblue', 'Patriot', 'Weymouth' является высокая отзывчивость их генеративной сферы на зимние оттепели и ее повреждение возвратными морозами [14]. На этом фоне предпочтительно выделяются высокоурожайные и относительно стабильные сорта 'Denise Blue' и 'Reka', а также среднеурожайные культивары 'Bluecrop', 'Duke', 'Earliblue', 'Elizabeth', 'Jersey'.

Способность растения поддерживать внутреннее равновесие и реализовывать генетически детерминированные возможности сорта при отклонении экологических условий от нормы, определяемая как гомеостаз, заключается в проявлении «буферности» культиваров против сезонных вариаций условий среды [8]. Проявление гомеостаза связано с адаптивностью и свидетельствует об экологической выносливости сорта [11]. В нашем случае общая гомеостатичность сорта (Hom) – это способность сорта давать высокую урожайность в сезоны с благоприятными погодными условиями и минимально снижать ее в годы с неблагоприятными условиями. Среди исследуемых сортов голубики наибольший уровень гомеостатичности (9,99) отмечен у высокоурожайного сорта 'Rubel'. Следует подчеркнуть, что второй по величине уровень гомеостатичности характерен для среднеурожайного сорта 'Northland' (8,85) за счет минимизации последствий неблагоприятных погодно-климатических факторов и, как результат, получения стабильной урожайности. Относительно высокие значения гомеостатичности свойственны высокоурожайным сортам 'Weymouth' (8,04), 'Reka' (6,64), 'Denise Blue' (6,60) и 'Jersey' (6,37), характеризующимся относительно высокой вариабельностью плодоношения. Слабый уровень гомеостатичности отмечен для низкопродуктивных и нестабильно плодоносящих сортов 'Bluegose' (0,32) и 'Carolinablue' (0,84).

По селекционной ценности (Sc) высокими показателями, превышающими значения стандартного сорта 'Bluecrop' (1,59), отличались культивары 'Denise Blue' (2,55), 'Duke' (2,29) и 'Rubel' (1,69), для которых характерна средняя и высокая урожайность и относительно стабильное плодоношение.

Для оценки продуктивного и адаптивного потенциала Л. А. Животковым с соавт. [10] предложено использовать коэффициент адаптивности (Ka), определяемый соотношением урожайности оцениваемого сорта со среднесортовой урожайностью за год (табл. 5). Последний показатель отражает общую норму реакции всей совокупности сортов на факторы внешней среды конкретного года, а коэффициент адаптивности показывает реакцию отдельного сорта на сложившиеся условия. При неблагоприятных условиях потенциальная продуктивность реализуется слабо, а адаптивность, наоборот, более выражено. Сравнительный анализ вариабельности коэффициентов адаптивности культиваров голубики показал, что складывающиеся в зависимости от года факторы внешней среды приводили как к сглаживанию сортовых различий по урожайности (2006, 2009, 2013, 2016 гг.), так к их дифференциации (2004, 2005, 2011, 2015 гг.). Как правило, сортовые различия по урожайности в большей степени проявлялись в годы с менее благоприятными экологическими условиями.

Т а б л и ц а 5. Коэффициенты адаптивности (Ka) сортов голубики по урожайности (2004–2016 гг.)

Table 5. Coefficients of adaptability (Ka) of blueberry cultivars by yield (2004–2016)

Сорт	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	В среднем
Bluecrop	0,74	1,07	0,86	1,45	0,60	0,63	1,15	0,33	1,16	2,30	1,22	0,89	0,67	1,01
Blueray	0,51	0,62	0,72	0,83	0,72	1,01	0,78	0,59	0,67	0,30	1,42	0,62	0,61	0,72
Bluerose	0,25	0,14	0,19	0,25	0,23	0,22	0,29	0,04	0,32	0,06	0,20	0,20	0,24	0,20
Bluetta	0,41	1,16	0,84	0,87	0,72	0,77	1,00	1,35	1,13	1,68	0,55	1,21	0,97	0,97
Carolinablue	0,15	0,16	0,13	0,25	0,08	0,11	0,24	0,23	0,10	0,06	0,45	0,20	0,42	0,20
Coville	1,07	0,59	1,08	1,45	1,24	0,68	1,20	0,42	0,65	0,72	0,84	0,48	0,65	0,85
Croatan	0,29	0,11	0,48	0,58	1,04	0,52	0,48	0,06	0,41	1,20	0,31	0,98	1,44	0,61
Darrow	0,74	0,36	0,46	0,50	0,80	0,58	1,44	0,47	0,47	0,66	0,69	0,38	0,80	0,64
Denise Blue	1,47	1,16	1,35	1,66	0,88	1,10	1,00	0,93	2,34	1,32	2,41	1,09	0,98	1,36
Duke	0,59	0,73	0,70	0,39	0,52	0,58	0,72	0,51	1,70	1,8	1,63	1,04	0,82	0,90
Earliblue	1,56	1,02	0,63	1,13	0,47	0,99	0,48	0,53	0,82	0,69	1,17	0,93	0,94	0,87
Elizabeth	0,74	0,71	1,58	2,07	1,53	0,96	0,96	1,02	0,24	1,08	0,56	0,83	0,76	1,00
Hardyblue	0,41	0,79	0,87	1,12	1,08	0,82	0,53	0,14	0,56	0,93	1,22	0,63	0,62	0,75
Herbert	0,28	0,39	1,05	0,54	1,29	1,02	0,44	0,05	0,68	0,63	1,09	0,45	0,49	0,65
Jersey	0,93	1,19	1,21	1,15	1,53	0,99	2,35	1,12	1,31	1,17	1,01	0,44	1,10	1,19
Nelson	0,74	0,16	0,14	0,37	0,44	0,33	0,44	0,23	0,21	0,87	0,17	0,88	0,65	0,43
Northblue	0,85	1,30	1,60	0,19	0,32	1,90	0,29	3,63	0,77	1,35	0,41	2,15	2,02	1,29
Northcountry	0,44	0,71	1,08	0,71	0,44	1,40	0,67	1,71	1,42	2,28	0,36	1,56	1,48	1,10
Northland	2,57	1,80	1,23	1,24	1,20	1,22	1,19	1,03	0,44	0,63	1,42	0,65	1,18	1,22
Patriot	0,29	0,70	1,59	0,25	1,81	1,35	1,82	1,39	1,91	1,44	0,56	1,97	1,58	1,28
Reka	2,72	0,70	1,58	1,58	1,12	1,76	1,32	1,44	1,78	1,08	1,33	0,26	1,77	1,42
Rubel	1,47	2,64	2,10	3,32	1,73	2,24	2,06	2,04	2,30	0,69	2,34	1,20	1,41	1,96
Weymouth	2,76	4,74	1,49	1,08	3,21	1,86	2,15	1,67	1,60	0,89	1,58	3,95	1,41	2,18
В среднем	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	
V, %	80,6	100,2	53,0	73,0	68,3	55,4	62,3	100,5	67,8	52,3	63,0	82,4	46,4	

Самые неблагоприятные погодно-климатические условия, отмеченные в 2014 г. ($I_j = -1,13$), позволили оценить степень адаптивности исследуемых сортов голубики в экстремальных условиях. Наиболее высокий коэффициент адаптивности в сложных погодных условиях отмечен у сорта ‘Denise Blue’ (2,41). Высокий показатель пластичности характерен для сорта ‘Rubel’ (2,34). У сортов ‘Bluecrop’, ‘Blueray’, ‘Duke’, ‘Earliblue’, ‘Hardyblue’, ‘Herbert’, ‘Jersey’, ‘Northland’, ‘Reka’ и ‘Weymouth’ коэффициенты адаптивности также превысили единицу, что указывает на низкую степень выраженности их реакции на экстремальные внешние условия.

В наиболее благоприятный для растений голубики 2009 г. ($I_j = 1,23$) самая высокая урожайность ягод была отмечена у сорта ‘Rubel’ (8,14 кг/раст), что в 2,2 раза выше среднесортной. Кроме данного культивара в этот год сформировали урожайность выше среднесортной сорта ‘Blueray’, ‘Denise Blue’, ‘Herbert’, ‘Northblue’, ‘Northcountry’, ‘Northland’, ‘Patriot’, ‘Reka’ и ‘Weymouth’, что указывает на их высокую потенциальную продуктивность. Самый низкий коэффициент адаптивности в условиях 2009 г. имел сорт ‘Carolinablue’ (0,11), что свидетельствует о его слабой реакции на благоприятные внешние условия.

Использование различных параметров оценки адаптивности позволяет разносторонне охарактеризовать испытываемые культивары голубики и в то же время несколько усложняет восприятие получаемых данных. Поэтому для оценки согласованности показателей адаптивности между собой и с урожайностью сортов представляет интерес проведение корреляционного анализа. Оценка взаимосвязи показателей адаптивности голубики высокорослой показала, что более урожайные сорта характеризуются большей генетической пластичностью ($r = 0,90$) и слабой стрессоустойчивостью ($r = -0,77$) (табл. 6). В свою очередь генетически пластичные культивары обла-

дают относительно низкой стрессоустойчивостью ($r = 0,46$). Аналогичная тенденция наблюдается при сравнении экологической пластичности и стабильности: для более урожайных сортов голубики характерна большая экологическая пластичность ($r = 0,68$) и низкая стабильность ($r = 0,65$), а для пластичных сортов свойственна слабая стабильность ($r = 0,96$), что полностью согласуется с исследованиями А. В. Кильчевского и Л. В. Хотылевой [20], согласно которым генотип не может быть одновременно стабильным и пластичным по изучаемому признаку.

Т а б л и ц а 6. Корреляционная зависимость между показателями продуктивности и адаптивности голубики высокорослой

T a b l e 6. Correlation between indicators of productivity and adaptability of highbush blueberry

Показатель	\bar{x}	V	$Y_2 - Y_1$	$(Y_2 + Y_1)/2$	b_i	S_{di}^2	Hom	Ka	Sc
\bar{x}	1,00								
V	0,03	1,00							
$Y_2 - Y_1$	-0,77	-0,19	1,00						
$(Y_2 + Y_1)/2$	0,90	-0,15	-0,76	1,00					
b_i	0,68	0,60	-0,63	0,46	1,00				
S_{di}^2	0,65	0,53	-0,62	0,41	0,96	1,00			
Hom	0,83	-0,47	-0,56	0,86	0,22	0,22	1,00		
Ka	0,99	-0,09	-0,74	0,92	0,56	0,54	0,89	1,00	
Sc	0,41	-0,19	0,17	0,43	0,07	0,00	0,48	0,45	1,00

Следует отметить, что такая зависимость, когда при увеличении пластичности генотипа уменьшается его стабильность, характерна и для других сельскохозяйственных культур [17, 21, 22]. Это обусловлено тем, что сорта с повышенной пластичностью обладают более высокой чувствительностью не только к благоприятным, но и к неблагоприятным условиям. Причина такой сопряженности, по мнению А. А. Жученко [23], кроется в генетической детерминации нормы реакции, фенотипическое проявление которой зависит от действия факторов среды и их напряженности.

Тесная положительная корреляционная связь урожайности голубики от генетической ($r = 0,90$) и экологической ($r = 0,68$) пластичности указывает на высокую степень зависимости формирования урожая ягод от внешних условий: более пластичные сорта продуцировали более высокую урожайность. Об этом свидетельствует также сильная прямая связь урожайности с показателями адаптивности ($r = 0,99$) и гомеостатичности ($r = 0,83$).

Известно, что урожайность сорта является результатом взаимодействия «генотип × среда», где в качестве среды выступают как почвенно-климатические условия, так и агротехнические приемы возделывания. Поскольку в наших исследованиях все оцениваемые сорта голубики произрастали в однородных экологических условиях и возделывались по одной технологии, основным фактором, определяющим их адаптивность, являлась индивидуальная приспособляемость (выносливость) сорта к разнообразному воздействию климатических условий. По мнению А. Б. Дьякова и М. В. Труновой [24], не существует сортов, которые могли бы с одинаковым успехом выращиваться во всех природных зонах и экологических условиях. Э. Д. Неттевич [15] считает, что, как правило, сорта соответствуют тем условиям, в которых они селекционировались, так как биологические свойства растений сопряжены с условиями отбора. В нашем случае данную гипотезу можно отнести к сортам голубики ‘Bluerose’ и ‘Carolinablue’, которые селекционированы в Австралии и характеризуются в условиях Беларуси слабой пластичностью, а следовательно, и низкой продуктивностью. Для этих культиваров характерны очень низкие значения ранжирования показателей продуктивности и адаптивности (62,5 и 72,5 соответственно) (табл. 7). В то же время выведенный в Австралии сорт ‘Denise Blue’ характеризуется относительно высокими показателями продуктивности и адаптивности в условиях пункта интродукции и по их ранжированию занимает лидирующее положение (157,5). Высокие показатели адаптивности отмечены у сорта ‘Rubel’ (153,5), отобранного в начале XX в. на североамериканском континенте из естественных популяций *Vaccinium corymbosum*. Этот сорт широко использовался в селекции данной

культуры и является востребованным до настоящего времени [25]. Заслуживает внимание сорт 'Northland', характеризующийся высокими значениями показателей адаптивности и стабильным плодоношением (143). Сорт, распространившимся далеко за пределы ареала, в котором он создавался, и сочетающим относительно высокие показатели урожайности и адаптивности, является североамериканский культивар 'Bluecrop', возделываемый на больших площадях не только на его родине [26], но и в Австралии [27], Германии [28], Польше [29], Украине [30], Беларуси [1] и других странах. Сорт 'Bluecrop' районирован в Беларуси одним из первых (в 2005 г.) [31] и является стандартом (эталоном) при сортоиспытании среднеспелых таксонов данной культуры.

Т а б л и ц а 7. Ранжирование сортов голубики по урожайности и показателям адаптивности

Table 7. Ranging blueberry cultivars by yield and adaptability indicators

Сорт	\bar{x}	v	$y_2 - y_1$	$(y_2 + y_1)/2$	b_i	S_{di}^2	Hom	Ka	Sc	Σ
Bluecrop (st)	12	16,5	20	8	13	18	15	14	20	136,5
Blueray	7	19	13	15	6	16,5	10	7	12	105,5
Bluerose	2	9	21	2	3	22	1	1,5	1	62,5
Bluetta	14	10,5	11	6	18	5	13	12	9,5	99
Carolinablue	1	12	22	1	2	23	2	1,5	8	72,5
Coville	9	20	16	7	5	19	14	9	12	111
Croatan	5,5	3	14	4	16	9	4	4	4	63,5
Darrow	4	22	17	5	4	20	8	5	7	92
Denise Blue	20	14,5	19	19	15	8	19	20	23	157,5
Duke	11	5	23	9	19	6	6	11	22	112
Earliblue	10	21	12	14,5	7,5	15	17	10	11	118
Elizabeth	13	10,5	7	10	12	13	12	13	6	96,5
Hardyblue	8	13	15	11	10	11	7	8	16	99
Herbert	5,5	6	9,5	14,5	14	12	5	6	9,5	82
Jersey	16	18	9,5	12	9	14	18	16	17	129,5
Nelson	3	2	18	3	7,5	16,5	3	3	15	71
Northblue	17	1	1	20	21	4	9	19	2	94
Northcountry	18	4	5	16	22	2	11	15	3	96
Northland	15	23	8	18	1	21	22	17	18	143
Patriot	21	7	6	17	23	1	16	18	5	114
Reka	19	14,5	4	21	11	10	20	21	12	132,5
Rubel	22	16,5	2	23	17	7	23	22	21	153,5
Weymouth	23	8	3	22	20	3	21	23	19	142

Заклучение. Интродуцированные в Беларуси сорта голубики высокорослой характеризуются значительной вариабельностью урожайности. Из 23 оцениваемых культиваров голубики высокоурожайными (4 кг/раст и более) были 2 сорта: 'Rubel', 'Weymouth'; урожайными (3–4 кг/раст) – 5 сортов: 'Denise Blue', 'Northblue', 'Northcountry', 'Patriot', 'Reka'; среднеурожайными (2–3 кг/раст) – 7 сортов: 'Bluecrop', 'Bluetta', 'Duke', 'Earliblue', 'Elizabeth', 'Jersey', 'Northland'; малоурожайными (менее 2 кг/раст) – 9 сортов: 'Blueray', 'Bluerose', 'Carolinablue', Coville', 'Croatan', 'Darrow', 'Hardyblue', 'Herbert', 'Nelson'.

В общую изменчивость урожайности сортов голубики преобладающий вклад вносили взаимодействие факторов «сорт × год» (45,9 %). Существенное влияние (35,5 %) на их урожайность оказывали погодные условия года. Влияние сорта как отдельного фактора составило 18,6 %.

Наиболее высокогомеостатичным культиваром, обладающим генетическим механизмом, способным минимизировать последствия неблагоприятных факторов внешней среды, является сорт 'Rubel'. Сорт 'Denise Blue' обладает высокой гомеостатичностью и генетической пластичностью, что представляет селекционную ценность. Высокая стабильность формирования средней

урожайности ягод свойственна сорту ‘Northland’. Самый пластичный сорт ‘Patriot’ является нестабильным по урожайности.

По комплексу показателей адаптивности оцениваемые культивары голубики классифицированы на следующие группы:

1) высокоурожайные и урожайные сорта, пластичные, но нестабильные, ягодная продуктивность которых изменяется адекватно условиям среды (‘Denise Blue’, ‘Northblue’, ‘Northcountry’, ‘Patriot’, ‘Reka’, ‘Rubel’, ‘Weymouth’); они требовательны к экологическим условиям и только в благоприятных условиях формируют высокую урожайность;

2) среднеурожайные стабильно плодоносящие сорта, характеризующиеся низкой и средней пластичностью, слабо реагирующие на изменения условий среды (‘Bluecrop’, ‘Bluetta’, ‘Duke’, ‘Earliblue’, ‘Elizabeth’, ‘Jersey’, ‘Northland’), которые можно выращивать на экстенсивном агрофоне, где они дадут максимальную продуктивность при минимальных затратах;

3) низкоурожайные сорта ‘Blueray’, ‘Bluerose’, ‘Carolinablue’, ‘Coville’, ‘Croatan’, ‘Darrow’, ‘Hardyblue’, ‘Herbert’, ‘Nelson’, которые малоприспособлены для промышленного возделывания в условиях Беларуси, но некоторые из них могут использоваться для приусадебного садоводства, так как обладают положительными свойствами (например, сорт ‘Hardyblue’ отличается засухоустойчивостью и толерантностью к эдафическим условиям).

Список использованных источников

1. Титок, В. Голубика высокорослая – инновационная культура премиум-класса / В. Титок, А. Веевник, Н. Павловский // Наука и инновации. – 2012. – № 6 (112). – С. 25–27.
2. Потанин, В. Г. Новый подход к оценке экологической пластичности сортов растений / В. Г. Потанин, А. Ф. Алейников, П. И. Степочкин // Вавилов. журн. генетики и селекции. – 2014. – Т. 18, № 3. – С. 548–552.
3. Пакудин, В. З. Оценка экологической пластичности и стабильности сортов сельскохозяйственных культур / В. З. Пакудин, Л. М. Лопатина // Сельскохозяйств. биология. – 1984. – № 4. – С. 109–113.
4. Медведев, В. А. Выбор критериев для оценки степени успешности интродукции с позиции системного подхода и адаптивной стратегии растений / В. А. Медведев, А. А. Ильенко // Интродукция растений. – 2014. – № 4. – С. 3–11.
5. Удачин, Р. А. Методика оценки экологической пластичности сортов пшеницы / Р. А. Удачин, А. П. Головоченко // Селекция и семеноводство. – 1990. – № 5. – С. 2–6.
6. Децына, А. А. Расчет параметров экологической пластичности и стабильности масличных сортов подсолнечника селекции ВНИИМК / А. А. Децына, И. В. Илларионова, В. О. Щербина // Маслич. культуры. – 2020. – Вып. 3 (183). – С. 31–38.
7. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / ВНИИСПК; под общ. ред. Е. Н. Седова, Т. П. Огальцовой. – Орел: ВНИИСПК, 1999. – 608 с.
8. Экологическая пластичность сельскохозяйственных растений: методика и оценка / В. А. Зыкин [и др.]. – Уфа: РАСХН, 2011. – 97 с.
9. Гончаренко, А. А. Об адаптации и экологической устойчивости сортов зерновых культур / А. А. Гончаренко // Вестн. Рос. акад. сельскохозяйств. наук. – 2005. – № 6. – С. 49–53.
10. Животков, Л. А. Методика выявления потенциальной продуктивности и адаптивности сортов и селекционных форм озимой пшеницы по показателю «урожайность» / Л. А. Животков, З. А. Морозова, Л. И. Секатуева // Селекция и семеноводство. – 1994. – № 2. – С. 3–6.
11. Хангильдин, В. В. Гомеостатичность и адаптивность сортов озимой пшеницы / В. В. Хангильдин, Н. А. Литвиненко // Науч.-тех. бюл. ВСГИ. – 1981. – Вып. 1 (39). – С. 8–14.
12. Иванова, Т. Н. Технология хранения плодов, ягод и овощей: учеб. пособие / Т. Н. Иванова, В. С. Житникова, Н. С. Левгерова. – Орел: Орл. гос. техн. ун-т, 2009. – 203 с.
13. Павловский, Н. Б. Плодоношение сортов голубики высокорослой (*Vaccinium corymbosum* L.) в Беларуси / Н. Б. Павловский // Вест. Нац. акад. наук Беларуси. Сер. биол. наук. – 2018. – № 4. – С. 486–499.
14. Павловский, Н. Б. Максимальная морозостойкость и устойчивость к возвратным морозам сортов голубики, интродуцированных в Беларусь / Н. Б. Павловский // Плодоводство: сб. науч. тр. / РУП «Ин-т плодоводства»; редкол.: В. А. Самусь (гл. ред.) [и др.]. – Самохваловичи, 2014. – Т. 26. – С. 256–270.
15. Неттевич, Э. Д. Влияние условий возделывания и продолжительности изучения на результаты оценки сорта по урожайности / Э. Д. Неттевич // Вестн. Рос. акад. сельскохозяйств. наук. – 2001. – № 3. – С. 34–38.
16. Бебякин, В. М. Экологическая устойчивость сортов и форм яровой твердой пшеницы по массе зерна с растения и зерновому уборочному индексу / В. М. Бебякин // Селекция и семеноводство. – 1993. – № 1. – С. 28–30.
17. Оценка экологической пластичности и стабильности формирования урожайности зерна у сортов гречихи / А. П. Лаханов [и др.] // Докл. Рос. акад. сельскохоз. наук. – 2001. – № 1. – С. 6–9.
18. Чирко, Е. М. Сравнительная оценка зерновой продуктивности и адаптивности сортов проса (*Panicum mili-actum*) в условиях юго-западного региона республики / Е. М. Чирко // Вест. Нац. акадэміі навук Беларусі. Сер. аграр. навук. – 2009. – № 3. – С. 49–54.

19. Волкова, Л. В. Оценка сортов яровой мягкой пшеницы по урожайности и адаптивным свойствам / Л. В. Волкова, В. М. Гиряева // Аграр. наука Евро-Северо-Востока. – 2017. – № 4 (59). – С. 19–23.
20. Кильчевский, А. В. Экологическая селекция растений / А. В. Кильчевский, Л. В. Хотылева. – Минск : Техналогія, 1997. – 372 с.
21. Пономарева, С. В. Оценка урожайности, экологической пластичности и стабильности сортообразцов гороха в условиях Нижегородской области / С. В. Пономарева // Междунар. журн. прикл. и фунд. исслед. – 2018. – № 12–2. – С. 293–297.
22. Децына, А. А. Оценка экологической пластичности и стабильности крупноплодных сортов подсолнечника / А. А. Децына, И. В. Илларионова, В. О. Щербина // Масличные культуры. – 2019. – Вып. 3 (179). – С. 35–39.
23. Жученко, А. А. Адаптивный потенциал культурных растений (эколого-генетические основы) / А. А. Жученко. – Кишинев : Штиинца, 1988. – 766 с.
24. Дьяков, А. Б. Взаимосвязь между параметрами стабильности и адаптивности сортов / А. Б. Дьяков, М. В. Трунова // Масличные культуры : науч.-техн. бюл. Всерос. науч.-исслед. ин-та масличных культур. – 2010. – Вып. 1. – С. 80–86.
25. Lyrene, P. M. Blueberry breeding / P. M. Lyrene, J. N. Moore // Blueberries for growers, gardeners, promoters / ed. N. F. Childers, P. M. Lyrene. – Florida, Gainesville, 2006. – P. 38–48.
26. Wei, Qiang Yang. Blueberries in the Northwest, USA / Wei Qiang Yang // Blueberries for growers, gardeners, promoters / ed. N. F. Childers, P. M. Lyrene. – Florida, Gainesville, 2006. – P. 206–208.
27. Bell, R. Australian blueberries industry / R. Bell // Blueberries for growers, gardeners, promoters / ed. N. F. Childers, P. M. Lyrene. – Florida, Gainesville, 2006. – P. 250–254.
28. Dierking, S. Blueberries in Germany / S. Dierking // Blueberries for growers, gardeners, promoters / ed. N. F. Childers, P. M. Lyrene. – Florida, Gainesville, 2006. – P. 228–231.
29. Smolarz, K. Cultivation of the High-bush Blueberry in Poland / K. Smolarz, S. Pluta // Acta Horticulturae. – 2014. – Vol. 1017. – P. 199–204. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2014.1017.24>
30. Поперечна, О. Лохина – ягода № 1 в Україні за площею комерційних насаджень / О. Поперечна // Ягідник. – 2020. – № 1 (17). – С. 19–21.
31. Государственный реестр сортов / ГУ «Гос. инспекция по испытанию и охране сортов растений»; отв. ред. В. А. Бейня. – Минск : ГУ «Гос. инспекция по испытанию и охране сортов растений», 2020. – 270 с.

References

1. Titok V., Veevnik A., Pavlovskiy N. Highbush blueberry – an innovative premium-class culture. *Nauka i innovatsii* [Science and innovations], 2012, no. 6 (112), pp. 25–27 (in Russian).
2. Potanin V. G., Aleinikov A. F., Stepochkin P. I. A new approach to assessing the ecological plasticity of plant varieties. *Vavilovskii zhurnal genetiki i selektsii* [Vavilov journal of genetics and breeding], 2014, vol. 18, no. 3, pp. 548–552 (in Russian).
3. Pakudin V. Z., Lopatina L. M. Evaluation of ecological plasticity and stability of agricultural crop varieties. *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya* [Agricultural biology], 1984, no. 4, pp. 109–113 (in Russian).
4. Medvedev V. A., Il'enko A. A. The choice for assessing the degree of success of the introduction from the standpoint of a systematic and responsible attitude to the strategic policy of plants. *Introduktsiya roslin* [Plant introduction], 2014, no. 4, pp. 3–11 (in Russian).
5. Udachin R. A., Golovochenko A. P. Methods for assessing the ecological plasticity of wheat varieties. *Selektsiya i semenovodstvo* [Breeding and seed production], 1990, no. 5, pp. 2–6 (in Russian).
6. Detsyna A. A., Illarionova I. V., Shcherbinina V. O. Calculation of parameters of ecological plasticity and stability of oilseed varieties of sunflowers selected by VNIIMK. *Maslichnye kul'tury* [Oil cultures], 2020, no. 3 (183), pp. 31–38 (in Russian).
7. Sedov E. N., Ogal'tsova T. P. (ed.). *Program and methodology for the study of fruit, berry and nut crops*. Orel, All-Russian Research Institute of Fruit Crops Breeding, 1999. 608 p. (in Russian).
8. Zykin V. A., Belan I. A., Yusov V. S., Kiraev R. S., Chanyshiev I. O. *Ecological plasticity of agricultural plants: methodology and assessment*. Ufa, Russian Academy of Agricultural Sciences, 2011. 97 p. (in Russian).
9. Goncharenko A. A. On the adaptation and environmental sustainability of grain crop varieties. *Vestnik Rossiiskoi akademii sel'skokhozyaistvennykh nauk* [Bulletin of the Russian Academy of Agricultural Sciences], 2005, no. 6, pp. 49–53 (in Russian).
10. Zhivotkov L. A., Morozova Z. A., Sekatueva L. I. Methods for identifying the potential productivity and adaptability of varieties and breeding forms of winter wheat in terms of “yield”. *Selektsiya i semenovodstvo* [Breeding and seed production], 1994, no. 2, pp. 3–6 (in Russian).
11. Khangil'din V. V., Litvinenko N. A. Homeostaticity and adaptability of winter wheat varieties. *Nauchno-tekhnicheskii byulleten' Vsesoyuznogo selektsionno-geneticheskogo instituta* [Scientific and Technical Bulletin of the All-Union Breeding and Genetic Institute], 1981, no. 1 (39), pp. 8–14 (in Russian).
12. Ivanova T. N., Zhitnikova V. S., Levgerova N. S. *Technology of storage of fruits, berries and vegetables*. Orel, Orel State Technical University, 2009. 203 p. (in Russian).
13. Pavlovskiy N. B. Fruiting of highbush blueberry cultivars (*Vaccinium corymbosum* L.) in Belarus. *Vestsi Natsyyanal'nai akademii navuk Belarusi. Seryya biyalagichnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Biological series*, 2018, no. 4, pp. 486–499 (in Russian).

14. Pavlovskiy N. B. Maximum frost resistance and resistance to recurrent frosts of blueberry cultivars introduced in Belarus. *Plodovodstvo: sbornik nauchnykh trudov. Tom 26* [Fruit growing: a collection of scientific papers. Vol. 26], Samokhvalovich, 2014, pp. 256–270 (in Russian).
15. Nettevich E. D. Influence of cultivation conditions and duration of study on the results of yield assessment of a variety. *Vestnik Rossiiskoi akademii sel'skokhozyaistvennykh nauk* [Bulletin of the Russian Academy of Agricultural Sciences], 2001, no. 3, pp. 34–38 (in Russian).
16. Bebyakin V. M. Ecological stability of varieties and forms of spring durum wheat by grain weight per plant and grain harvesting index. *Selektsiya i semenovodstvo* [Breeding and seed production], 1993, no. 1, pp. 28–30 (in Russian).
17. Lakhanov A. P., Glazova Z. I., Fesenko A. N., Savkin V. I. Assessment of ecological plasticity and stability of grain yield formation in buckwheat varieties. *Doklady Rossiiskoi akademii sel'skokhozyaistvennykh nauk* [Reports of the Russian Academy of Agricultural Sciences], 2001, no. 1, pp. 6–9 (in Russian).
18. Chirko E. M. Comparative assessment of grain productivity and adaptability of millet varieties (*Panicum miliactum*) in the conditions of the southwestern region of the republic. *Vesti Natsyyanal'nai akademii navuk Belarusi. Seryya biyalyagichnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Agricultural series*, 2009, no. 3, pp. 49–54 (in Russian).
19. Volkova L. V., Gireva V. M. Evaluation of spring soft wheat varieties by yield and adaptive properties. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* [Agrarian science of the Euro-North-East], 2017, no. 4 (59), pp. 19–23 (in Russian).
20. Kil'chevskii A. V., Khotyleva L. V. *Ecological plant breeding*. Minsk, Tekhnalogiya Publ., 1997. 372 p. (in Russian).
21. Ponomareva S. V. Evaluation of yield, ecological plasticity and stability of pea varieties in the conditions of the Nizhny Novgorod region. *Mezhdunarodnyi zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy* [International Journal of Applied and Fundamental Research], 2018, no. 12–2, pp. 293–297 (in Russian).
22. Detsyna A. A., Illarionova I. V., Shcherbina V. O. Evaluation of ecological plasticity and stability of large-fruited sunflower varieties. *Maslichnye kul'tury* [Oil cultures], 2019, no. 3 (179), pp. 35–39 (in Russian).
23. Zhuchenko A. A. *Adaptive potential of cultivated plants (ecological and genetic bases)*. Kishinev, Shtiintsa Publ., 1988. 766 p. (in Russian).
24. D'yakov A. B., Trunova M. V. The relationship between the parameters of stability and adaptability of varieties. *Maslichnye kul'tury: nauchno-tekhnicheskii byulleten' Vserossiiskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta maslichnykh kul'tur* [Oilseeds: scientific and technical bulletin of the All-Russian Research Institute of Oilseeds], 2010, no. 1, pp. 80–86 (in Russian).
25. Lyrene P. M., Moore J. N. Blueberry breeding. *Blueberries for growers, gardeners, promoters*. Florida, Gainesville, 2006, pp. 38–48.
26. Wei Qiang Yang. Blueberries in the Northwest, USA. *Blueberries for growers, gardeners, promoters*. Florida, Gainesville, 2006, pp. 206–208.
27. Bell R. Australian Blueberries Industry. *Blueberries for growers, gardeners, promoters*. Florida, Gainesville, 2006, pp. 250–254.
28. Dierking S. Blueberries in Germany. *Blueberries for growers, gardeners, promoters*. Florida, Gainesville, 2006, pp. 228–231.
29. Smolarz K., Pluta S. Cultivation of the High-bush Blueberry in Poland. *Acta Horticulturae*, 2014, no. 1017, pp. 199–204. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2014.1017.24>
30. Poperechna O. Blueberry No. 1 in Ukraine beyond the area of commercial plantings. *Yagidnik* [Berry], 2020, no. 1 (17), pp. 19–21 (in Ukrainian).
31. Beinya V. A. (ed.). *State Register of Cultivars*. Minsk, State Institution “State Inspectorate for Testing and Protection of Plant Varieties”, 2020. 270 p. (in Russian).

Информация об авторе

Павловский Николай Болеславович – канд. биол. наук, заведующий лабораторией. Центральный ботанический сад НАН Беларуси (ул. Сурганова, 2в, 220012, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: pavlovskiy@tut.by

Information about the author

Nikolay B. Pavlovskiy – Ph. D. (Biol.), Head of the Laboratory. Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Belarus (2v, Surganov Str., 220012, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: pavlovskiy@tut.by