



ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ПЛАСТИЧНОСТЬ И СТАБИЛЬНОСТЬ ВИКИ ЯРОВОЙ (ПОСЕВНОЙ) В УСЛОВИЯХ ЗАПАДНО-СИБИРСКОГО РЕГИОНА

Гончарова А.В., (✉)Капко Т.Н.

Сибирский научно-исследовательский институт растениеводства и селекции – филиал Института цитологии и генетики Сибирского отделения Российской академии наук
Новосибирская область, р.п. Краснообск, Россия
(✉)e-mail: tatjanakapko@mail.ru

Представлены результаты оценки урожайности и адаптивных свойств восьми сортов и линий вики яровой (посевной) (*Vicia sativa* L.). В исследование были включены Камалинская 611 (стандарт), Новосибирская, Байкальская × Льговская 34, Байкальская × Г-252, Э-1280, 4604/1-2, ГК-964, Камалинская 611 × Новосибирская. Дана оценка продуктивности растений вики в питомнике предварительного сортоиспытания и выявлены наиболее урожайные, пластичные, стабильные и адаптированные образцы. Исследование проведено в 2017–2019 гг. в условиях лесостепи Приобья (Новосибирская область). Наиболее благоприятным для формирования урожайности зеленой массы был 2017 г., для зерновой продуктивности – 2019 г. Варьирование урожайности зеленой массы составило от 25,20 (Новосибирская в 2018 г.) до 40,70 т/га (Камалинская 611 × Новосибирская в 2017 г.), семян – от 1,50 (Камалинская 611 в 2017 г.) до 3,16 т/га (Камалинская 611 × Новосибирская в 2018 г.). Наименьшей вариабельностью и наибольшим гомеостазом в формировании урожайности зерна выделились образцы Байкальская × Г-252 и Камалинская 611 × Новосибирская, по урожайности зеленой массы – линии Э-1280 и 4604/1-2. По селекционной ценности выделены Байкальская × Г-252 (по урожайности зерна); Байкальская × Льговская 34 (по биомассе) и Камалинская 611 × Новосибирская (по урожайности зерна и биомассе). К числу наиболее отзывчивых на улучшение условий и стабильных можно отнести по зерновой продуктивности Байкальская × Льговская 34 и Камалинская 611, по урожайности биомассы – Камалинская 611 × Новосибирская.

Ключевые слова: вика яровая (посевная), урожайность, пластичность, стабильность, гомеостатичность, адаптивность

ECOLOGICAL PLASTICITY AND STABILITY OF SPRING VETCH (TARE) UNDER CONDITIONS OF THE WEST SIBERIAN REGION

Goncharova A.V., (✉)Kapko T.N.

Siberian Research Institute of Plant Production and Breeding – Branch of the Institute of Cytology and Genetics, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences
Krasnoobsk, Novosibirsk region, Russia
(✉)e-mail: tatjanakapko@mail.ru

The results of evaluating the yield and adaptive properties of the eight varieties and lines of spring vetch (tare *Vicia sativa* L.) are presented. Kamalinskaya 611 (standard), Novosibirskaya, Baikalskaya × Lgovskaya 34, Baikalskaya × G-252, E-1280, 4604/1-2, GC-964, and Kamalinskaya 611 × Novosibirskaya varieties were included in the study. The productivity of vetch plants in the nursery of preliminary varietal trials is evaluated and the most productive, plastic, stable and adapted samples are identified. The study was conducted in 2017-2019 in the forest-steppe conditions of the Priob'ye region (Novosibirsk region). The most favorable for the formation of green matter yields was 2017, for grain productiv-

ity - 2019. The variation in green matter yields ranged from 25.20 (Novosibirskaya in 2018) to 40.70 t/ha (Kamalinskaya 611 × Novosibirskaya in 2017), and seeds from 1.50 (Kamalinskaya 611 in 2017) to 3.16 t/ha (Kamalinskaya 611 × Novosibirskaya in 2018). Baikalskaya × G-252 and Kamalinskaya 611 × Novosibirskaya samples stood out with the lowest variability and the highest homeostasis in the formation of grain yield, while the lines E-1280 and 4604/1-2 stood out in terms of green matter yield. Baikalskaya × G-252 (by grain yield); Baikalskaya × Lgovskaya 34 (by biomass) and Kamalinskaya 611 × Novosibirskaya (by grain yield and biomass) were selected for breeding value. Among the most responsive to improving conditions and stable are Baikalskaya × Lgovskaya 34 and Kamalinskaya 611 in terms of grain productivity and biomass yield - Kamalinskaya 611 × Novosibirskaya.

Keywords: spring vetch (tare *Vicia sativa* L.), yield, plasticity, stability, homeostasis, adaptability

Для цитирования: Гончарова А.В., Капко Т.Н. Экологическая пластичность и стабильность вики яровой (посевной) в условиях Западно-Сибирского региона // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2023. Т. 53. № 2. С. 33–42. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-2-4>

For citation: Goncharova A.V., Kapko T.N. Ecological plasticity and stability of spring vetch (tare) under conditions of the West Siberian region. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2023, vol. 53, no. 2, pp. 33–42. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-2-4>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Благодарность

Работа поддержана бюджетным проектом ИЦиГ СО РАН № FWNR-2022-0018.

Acknowledgements

This work was supported by the IC&G SB RAS budget project № FWNR-2022-0018.

ВВЕДЕНИЕ

При организации научно обоснованного кормления сельскохозяйственных животных очень важно использование сбалансированных кормов [1]. В России основными источниками кормов являются естественные угодья и полевое кормопроизводство¹. Благоприятные условия для всех компонентов создаются в смешанных посевах, где важную роль в улучшении качества и усвояемости кормов играют бобовые культуры [2, 3]. Среди многообразия бобовых культур можно выделить вику яровую (посевную) (*Vicia sativa* L.), которая отличается более высокими урожайностью и содержанием белка. Кроме того, она менее требовательна к условиям, чем кормовые бобы и горох посевной [4, 5]. Это универсальная культура,

имеющая высокие кормовые достоинства и поедаемость, богатая белком, макро- и микроэлементами, которая может быть использована для создания зеленого конвейера, заготовки высокопитательных грубых и сочных кормов на зиму и для введения в состав комбикормов² [5].

При соблюдении оптимальной технологии возделывания адаптированные к местным условиям высокопродуктивные сорта способны давать высокий урожай. Продуктивность зеленой биомассы может составить в монокультуре до 20–25 т/га, в виде вико-злаковых смесей – до 40–46 т/га и более. Выход сена достигает 3,5–4,0 т/га в чистом виде и до 6,5–8,5 т/га в смеси с овсом. Кроме того, можно получить до 2,0–2,5 т/га сбалансированного по белковому составу зернофуража^{3–5}.

¹Коюшева Е.С., Степанова Я.Ю., Суворов Г.А. Анализ производства основных видов кормов для сельскохозяйственных животных в Российской Федерации // Управление рисками в АПК. 2019. № 1. С. 54–62. URL: <http://www.agrorisk.ru/20190105>.

²Тюрин Ю.С., Золотарев В.Н., Косолапов В.М. Основные направления селекции и новые сорта вики яровой // Кормопроизводство. 2013. № 2. С. 26–27.

³Васякин Н.И. Зерновые культуры в Западной Сибири: монография. Новосибирск: АНИИЗиС, 2002. 184 с.

⁴Глухов В.М. Однолетние кормовые культуры. Новосибирск: Западно-Сибирское книжное издательство, 1967. 96 с.

⁵Гончаров П.Л., Гончарова А.В., Васякин Н.И., Глинчиков И.М., Кипреев Ю.Н., Хан Ч. Вика яровая. Новосибирск: Новосибирское книж. изд-во, 1989. 36 с.

Всесторонняя оценка селекционного материала – важнейшая часть работы по созданию сорта в условиях изменения климата. Необходимо, чтобы сорт обладал стабильной урожайностью зеленой массы, сена, семян в широком диапазоне экологических условий возделывания [6]. Специфичность условий каждого региона предполагает создание сортов, максимально адаптированных к зоне возделывания. Создание сортов, сочетающих высокую продуктивность с устойчивостью к комплексу факторов среды, является важным направлением селекции, особенно в регионах с изменчивым климатом. В связи с этим особую роль играет оценка параметров их урожайного и адаптивного потенциала [7].

Цель исследования – дать оценку продуктивности растений вики яровой (посевной) в питомнике предварительного сортоиспытания и выявить наиболее урожайные, пластичные, стабильные и адаптированные образцы в условиях лесостепи Приобья.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследование проведено в Новосибирской области на опытном поле СибНИИРС – филиала ИЦиГ СО РАН. Объектом исследования служили восемь сортов и линий вики, проходивших предварительное сортоиспытание в 2017–2019 гг. Стандартом выступил сорт Камалинская 611.

Экспериментальный участок расположен в лесостепной зоне Западной Сибири. Почвенный покров поля представлен черноземом выщелоченным среднесуглинистым малогумусным среднесуглинистым, реакция среды в пахотном слое слабокислая (рН 6,7), в карбонатных горизонтах – щелочная (рН 7,9). Содержание гумуса – 4,2%, валового фосфо-

ра – 0,30, общего азота – 0,34%, подвижного фосфора и калия (по Чирикову) – соответственно 29 и 13 мг/100 г почвы. Обработка почвы общепринятая для лесостепной зоны.

Посев вики в смеси с овсом сорта Ровесник в качестве опорной культуры осуществляли в оптимальные сроки с учетом агрометеорологических условий по черному пару. Посев проводили сеялкой ССФК-7 рядовым способом с нормой высева 120 кг вики/га и 40 кг овса/га. Закладку опытов осуществляли на делянках с учетной площадью 25 м² в четырехкратной повторности по методике государственного сортоиспытания⁶. Учеты продуктивности зеленой массы проводили с площадок размером 10 м². Уборку биомассы осуществляли в фазу массового цветения вики вручную при помощи серпа. Уборку на зерно проводили в фазу полной спелости вики комбайном. При оценке продуктивности зеленой массы и зерна учитывали только урожайность вики посевной, при этом овес отделяли и не учитывали в расчетах.

Показатели адаптивных свойств изучаемых образцов вики рассчитывали для признаков урожайность зерна и урожайность зеленой массы. Полученные результаты обработаны статистически с использованием пакета Microsoft Office Excel. Критический уровень значимости 5%. Коэффициент вариации рассчитывали по Б.А. Доспехову⁷. Индекс условий среды определяли по методике Л.А. Животкова с соавт.⁸. Показатели экологической стабильности и пластичности рассчитывали по методике S.A. Eberhart и W.A. Russell⁹ (1966 г.) в изложении В.А. Зыкина с соавт.¹⁰ Селекционную ценность и гомеостатичность определяли по методике В.В. Хангильдина¹¹. Стрессоустойчивость и генетическую гибкость сортов рассчитыва-

⁶Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Общая часть. М, 2019. Вып. 1. 329 с.

⁷Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат. 1985. 416 с.

⁸Животков Л.А., Морозова З.А., Секатуева Л.И. Методика выявления потенциальной продуктивности и адаптивности сортов и селекционных форм озимой пшеницы по показателю «урожайность» // Селекция и семеноводство. 1994. № 2. С. 3–6.

⁹Eberhart S.A., Russell W.A. Stability parameters for comparing varieties // Crop Science. 1966. Vol. 6. N 1. P. 36–40.

¹⁰Зыкин В.А., Белан И.А., Юсов В.С., Корнева С.П. Методики расчета экологической пластичности сельскохозяйственных растений по дисциплине «Экологическая генетика». Омск: ОмГАУ, 2008. 36 с.

¹¹Хангильдин В.В. Параметры оценки гомеостатичности сортов и селекционных линий в испытаниях колосовых культур // Научно-технический бюллетень Всесоюзного селекционно-генетического института. Одесса, 1986. № 2 (60). С. 36–41.

ли по методике A.A. Rossielle и J. Hamblin¹² (1981 г.) в изложении А.А. Гончаренко¹³.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Рост и развитие растений связаны с условиями произрастания. Наиболее высокую урожайность семян и зеленой массы вики дает в достаточно увлажненных и умеренных по температурному режиму районах северной лесостепи, подтайги и предгорий (см. сноску 3). Лесостепная зона Новосибирской области характеризуется неравномерным распределением тепла и осадков по годам и в течение сезона. При сравнительно неплохих условиях влаго- и теплообеспеченности в отдельные годы количества осадков, выпадающих за период вегетации, недостаточно, и растения подвергаются воздействию засухи, особенно в июне¹⁴. Одна из целей селекции вики – создание системы сортов с высоким адаптивным потенциалом для перспективных регионов возделывания (см. сноску 2).

В годы проведения эксперимента (2017–2019) метеоусловия были в целом благоприятными для роста и развития основной и опорной культур. При этом в 2018 г. увлажнение оказалось недостаточным (ГТК = 0,98), в 2017 г. – оптимальным (ГТК = 1,35), в 2019 г. – избыточным (ГТК = 1,43). Однако на разных стадиях онтогенеза потребность растения в тепле и влаге неодинакова, поэтому выпадение осадков при достаточном количестве тепла на более поздней стадии развития может скорректировать их недостаток в начале вегетации и наоборот. При экстремальных проявлениях факторов среды обеспечивается возможность оценки генотипов на выносливость к неблагоприятным природным явлениям, что особенно важно при селекции на адаптивность¹⁵.

Яровая вика очень требовательна к влаге. Критический период – это время цвете-

ния. Недостаток увлажнения в этот период замедляет прирост биомассы и снижает семенную продуктивность. Избыток осадков также сказывается негативно на урожайности семян и их посевных качествах.

Кроме того, вика образует значительный объем биомассы, что может привести к полеганию опорной культуры и затруднить механизированную уборку (см. сноску 14) [4].

Формирование урожайности – достаточно сложный процесс, отражающий реализацию генотипа сорта под действием условий среды. Известно, что влияние генотипа, среды и их взаимодействие существенно в формировании агрономически значимых признаков вики, при этом основным источником варьирования урожайности являются условия окружающей среды [8].

В результате 3-летнего изучения восьми сортов и гибридов вики посевной по показателям урожайности зеленой массы и зерна установлено, что все образцы по-разному реализуют свой потенциал продуктивности под действием условий среды. Варьирование урожайности зеленой массы составило от 25,20 (Новосибирская в 2018 г.) до 40,70 т/га (Камалинская 611 × Новосибирская в 2017 г.), семян – от 1,50 (Камалинская 611 в 2017 г.) до 3,16 т/га (Камалинская 611 × Новосибирская в 2018 г.). В среднем за годы исследования урожайность семян составила 2,48 т/га. При этом четыре образца (Байкальская × Г-252, 4604/1-2, ГК-964 и Камалинская 611 × Новосибирская) продемонстрировали достоверную прибавку урожайности по отношению к стандарту, остальные три – тенденцию к увеличению. Средняя урожайность зеленой массы достигла 29,65 т/га, при этом лишь у двух образцов (линии 4604/1-2 и Камалинская 611 × Новосибирская) в среднем за 3 года отмечена достоверная прибавка урожайности по отношению к сорту-

¹²Rossiell A.A., Hamblin J. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments // Crop Science. 1981. Vol. 21. N 6. P. 27–29.

¹³Гончаренко А.А. Об адаптивности и экологической устойчивости сортов зерновых культур // Вестник РАСХН. 2005. № 6. С. 49–53.

¹⁴Гончаров П.Л. Методика селекции кормовых трав в Сибири. Новосибирск: «Ревик-К», 2003. 396 с.

¹⁵Ившин Г.И. Селекционная ценность гибридов вики посевной (*Vicia sativa*) в связи с разными способами подбора родительских пар // Кормопроизводство. 2017. № 1. С. 35–39.

стандарту. Гибрид Камалинская 611 × Новосибирская оказался наиболее продуктивным по обоим признакам за годы исследования. Его урожайность зерна и зеленой массы достоверно превышала показатели сорта-стандарта и средних значений в каждый год исследования, однако в 2017 и 2019 гг. линия Байкальская × Г-252 не уступала ему по урожайности семян (см. табл. 1).

Наиболее благоприятными для формирования высокой урожайности зеленой массы были метеоусловия 2017 г.: по всем сортам и линиям (кроме Э-1280, у которой наибольшая урожайность получена в 2018 г.) в этот год урожайность оказалась максимальной. Несмотря на слабое увлажнение мая, вика сформировала хорошую вегетативную массу благодаря достаточному количеству тепла и осадков с июня по июль. Однако для формирования высокой урожайности зерна этот год был самым неудачным – по всем образцам, находившимся в изучении, урожайность оказалась минимальной. Индекс условий среды (I_j), отражающий, насколько благоприятны условия конкретного вегета-

ционного периода для культуры в тот или иной год, для урожайности семян составил $-0,5$, для зеленой массы – $+3,1$. Наиболее благоприятными для высокой урожайности семян оказались условия 2019 г. – по всем сортам и линиям в этот год урожайность была максимальной (кроме линий Байкальская × Льговская 34 и Камалинская 611 × Новосибирская, у которых максимальная урожайность получена в 2018 г.). Урожайность зеленой массы, наоборот, в этот год была минимальной для всех образцов: июньская засуха не позволила растениям сформировать высокую вегетативную массу, но им удалось произвести высокий урожай зерна. Индекс условий среды ($I_j = -2,5$) подтверждает негативное влияние засухи в период интенсивного роста вегетативных органов на урожайность зеленой массы. Достаточное количество тепла и влаги в период образования бобов способствовало высокому урожаю семян ($I_j = +0,3$).

Значительные различия по погодным условиям в годы проведения исследований дали возможность провести оценку адап-

Табл. 1. Урожайность вики яровой (полевой) в питомнике предварительного сортоиспытания, т/га
Table 1. Productivity of spring vetch in the nursery of preliminary variety testing, t/ha

Сорт, линия	Зерно				Зеленая масса			
	2017 г.	2018 г.	2019 г.	X_i	2017 г.	2018 г.	2019 г.	X_i
Камалинская 611 (стандарт)	1,50	2,40	2,66	2,19	30,30	27,20	25,30	27,60
Новосибирская	1,80	2,52	2,64	2,32	35,80	26,60	25,20	29,20
Байкальская × Льговская 34	1,60	2,76	2,64	2,33	29,20	28,90	27,70	28,60
Байкальская × Г-252	2,55	2,89	2,92	2,79	32,00	28,20	26,70	28,97
Э-1280	1,72	2,58	2,65	2,32	26,90	29,20	26,30	27,47
4604/1-2	2,01	2,66	2,81	2,49	33,50	29,90	28,10	30,50
ГК-964	2,18	2,73	2,73	2,55	33,30	29,50	27,90	30,23
Камалинская 611 × Новосибирская	2,55	3,16	2,90	2,87	40,70	32,90	30,20	34,60
X_j	1,99	2,71	2,74	2,48	32,71	29,05	27,18	29,65
НСР ₀₅	0,49	0,28	0,14	0,29	5,11	2,31	1,99	2,73
ГТК	1,35	1,43	0,98		1,35	1,43	0,98	
I_j	$-0,5$	0,2	0,3		3,1	$-0,6$	$-2,5$	

Примечание: X_j – средняя урожайность по сортам за год; X_i – средняя урожайность сортов по годам; I_j – индекс условий среды.

тивного потенциала изучаемых образцов (см. табл. 2).

Одним из критериев определения относительной изменчивости урожайности служит коэффициент вариации (CV), который отражает норму реакции генотипа на окружающие условия (см. сноску 7). С этим показателем связан показатель гомеостатичности (Hom), который выражает систему адаптивных реакций организма, обеспечивающих стабилизацию определенного потенциала урожайности в широких границах условий среды (см. сноску 11). В ходе эксперимента установлено, что урожайность зерна – сильно вариабельный признак ($CV > 20\%$), лишь у двух образцов (Байкальская \times Г-252 и Камалинская 611 \times Новосибирская) варьирование было средним (16 и 19% соответственно). При этом варьирование урожайности зеленой массы у всех образцов было незна-

чительным ($CV < 10\%$). Наибольшую устойчивость в формировании урожайности зерна проявили образцы Байкальская \times Г-252 ($Hom = 0,17, CV = 16\%$), Камалинская 611 \times Новосибирская ($Hom = 0,15, CV = 19\%$) и ГК-964 ($Hom = 0,12, CV = 22\%$). Эти линии наименее вариабельны и обладают наибольшим гомеостазом из числа изученных. В реализации потенциала продуктивности зеленой массы наиболее устойчивы к изменению условий среды линии Байкальская \times Льговская 34 ($Hom = 9,18, CV = 3\%$), Э-1280 ($Hom = 6,10, CV = 5\%$) и 4604/1-2 ($Hom = 5,61, CV = 5\%$).

В практической селекции для оценки стабильности сортов используют показатель их селекционной ценности (Sc), который основывается на сопоставлении продуктивности в лимитированной и оптимальной средах с учетом усредненного показателя урожайно-

Табл. 2. Параметры адаптивности, экологической пластичности и стабильности вики яровой в агроценозе (2017–2019 гг.)

Table 2. Parameters of adaptability, ecological plasticity and stability of spring vetch in agrocenosis (2017–2019)

Сорт, линия	CV	CU	КС	b_i	δ_d^2	Sc	Hom
<i>Зерно</i>							
Камалинская 611 (стандарт)	36	-1,16	2,08	1,40	0,02	1,23	0,06
Новосибирская	29	-0,84	2,22	1,06	0,00	1,58	0,08
Байкальская \times Льговская 34	34	-1,16	2,18	1,48	0,01	1,35	0,07
Байкальская \times Г-252	16	-0,37	2,74	0,48	0,00	2,43	0,17
Э-1280	31	-0,93	2,19	1,21	0,00	1,50	0,07
4604/1-2	26	-0,80	2,41	0,99	0,01	1,78	0,10
ГК-964	22	-0,55	2,46	0,74	0,00	2,03	0,12
Камалинская 611 \times Новосибирская	19	-0,61	2,86	0,64	0,04	2,32	0,15
<i>Зеленая масса</i>							
Камалинская 611 (стандарт)	6	-5,00	27,80	0,90	0,03	23,05	4,79
Новосибирская	8	-10,60	30,50	2,00	3,09	20,55	3,55
Байкальская \times Льговская 34	3	-1,50	28,45	0,24	0,31	27,13	9,18
Байкальская \times Г-252	6	-5,30	29,35	0,97	0,06	24,17	5,08
Э-1280	5	-2,90	27,75	0,01	4,69	24,74	6,10
4604/1-2	5	-5,40	30,80	0,98	0,00	25,58	5,61
ГК-964	6	-5,40	30,60	0,98	0,03	25,33	5,49
Камалинская 611 \times Новосибирская	7	-10,50	35,45	1,93	0,47	25,67	5,13

Примечание: CV – коэффициент вариации, %; CU – уровень устойчивости к стрессам; КС – компенсаторная способность; b_i – коэффициент регрессии (экологическая пластичность); δ_d^2 – дисперсия (фенотипическая стабильность); Sc – селекционная ценность; Hom – гомеостатичность.

сти для всех сред (см. сноску 11). Чем выше параметр, тем стабильнее сорт [9]. Среди изученных образцов наибольшее значение селекционной ценности отмечено у гибридов Байкальская × Г-252 ($Sc = 2,43$ по зерновой продуктивности); Байкальская × Льговская 34 ($Sc = 27,13$ по урожайности зеленой массы) и Камалинская 611 × Новосибирская ($Sc = 2,32$ по урожайности зерна и $25,67$ – по урожайности зеленой массы). Показатели гомеостаза и селекционной ценности связаны между собой. Генотипы с высокими значениями этих параметров слабо реагируют на ухудшение условий и хорошо отзываются на их улучшение.

Об устойчивости сортов в разных условиях произрастания в первую очередь судят по параметрам пластичности (b_i) и стабильности (δ_d^2) [10]. Сорта, коэффициент регрессии (b_i) которых близок или равен единице, слабо реагируют на изменение среды и считаются пластичными. При коэффициенте регрессии выше единицы, образец относится к сортам интенсивного типа. Чем больше значение b_i , тем более отзывчив сорт на улучшение условий возделывания, однако в неблагоприятных условиях его урожайность резко снижается. При величине b_i меньше единицы сорт относится к нейтральному (экстенсивному) типу, и чем она ниже, тем слабее сорт реагирует на изменения условий среды [10, 11]. По урожайности семян линия 4604/1-2 оказалась самой пластичной ($b_i = 0,99$), т.е. изменение ее урожайности соответствует изменению условий выращивания (см. табл. 2). Самым отзывчивым на улучшение условий среды оказался гибрид Байкальская × Льговская 34 ($b_i = 1,48$), тогда как гибрид Байкальская × Г-252 проявил себя как наиболее подходящий для возделывания на экстенсивном фоне ($b_i = 0,48$). По урожайности зеленой массы наиболее пластичными оказались образцы 4604/1-2, ГК-964 и Байкальская × Г-252 ($b_i = 0,98$; $0,98$ и $0,97$ соответственно). Сорт Новосибирская и гибрид Камалинская 611 × Новосибирская в годы исследования отзывчивее других реагировали на улучшение условий ($b_i = 2,00$ и $1,93$ соответственно), что позволило отне-

сти их к интенсивным сортам, тогда как линия Э-1280 ($b_i = 0,01$) зарекомендовала себя как образец, не снижающий урожайности при ухудшении условий выращивания.

Стабильность (δ_d^2) – это адаптивная реакция генотипа, характеризующая степень его устойчивости. Величина дисперсии должна стремиться к нулю, и чем она ниже, тем более стабилен сорт, однако это свидетельствует не об его интенсивности, а о лучшей приспособленности к ухудшению условий [10]. Самый низкий показатель дисперсии по урожайности зеленой массы выявлен у линий 4604/1-2 ($\delta_d^2 = 0,00$), ГК-964 ($\delta_d^2 = 0,03$) и сорта Камалинская 611 ($\delta_d^2 = 0,03$). У линии Камалинская 611 × Новосибирская установлено высокое отклонение дисперсии ($\delta_d^2 = 0,47$), что свидетельствует о более низкой ее устойчивости к ухудшению условий. По зерновой продуктивности все образцы очень стабильны ($\delta_d^2 = 0,00–0,04$).

Исходя из сказанного выше в условиях интенсификации производства наиболее ценными считаются генотипы, у которых $b_i \gg 1$, а δ_d^2 стремится к 0. Они наиболее отзывчивы на улучшение условий, при этом более устойчивы к их ухудшению. По зерновой продуктивности можно выделить сорт Камалинская 611 и линию Байкальская × Льговская 34, по урожайности зеленой массы – линию Камалинская 611 × Новосибирская. Следует отметить, что с увеличением пластичности сорта возможно снижение его стабильности [10]. По урожайности биомассы это прослеживается у наиболее интенсивного из всего набора сорта Новосибирская: его устойчивость к ухудшению условий одна из самых слабых.

Для регионов с нестабильностью проявления гидротермических условий по годам и в течение вегетации (таких, как Новосибирская область) большое значение имеет оценка изучаемых образцов на экологическую устойчивость. За годы исследования наибольшую устойчивость к стрессам при формировании зерна проявили линии Байкальская × Г-252 ($СУ = -0,37$), ГК-964 ($СУ = -0,55$) и Камалинская 611 × Новосибирская ($СУ = -0,61$), при формиро-

вании зеленой массы – Байкальская × Льговская 34 ($СУ = -1,50$), Э-1280 ($СУ = -2,90$) и сорт-стандарт Камалинская 611 ($СУ = -5,00$). Эти образцы в меньшей степени снижали урожайность под действием неблагоприятных условий, следовательно, диапазон их приспособительных возможностей шире, чем у остальных.

Генетическая гибкость сорта, или его компенсаторная способность, отражает среднюю урожайность в контрастных условиях. Чем выше показатель, тем выше степень соответствия между генотипом и условиями среды (см. сноску 13) [6]. Наиболее генетически гибкой, следовательно, более соответствующей условиям лесостепи Приобья, была линия Камалинская 611 × Новосибирская ($КС = 2,86$ и $35,45$ для продуктивности зерна и зеленой массы соответственно), которая среди изученных образцов обладает наиболее высоким соответствием между потребностями генотипа и выраженностью агроклиматических факторов.

Основным критерием ценности вики как кормовой культуры является высокая продуктивность зеленой массы. Создавая новые сорта для интенсивных технологий возделывания, необходимо сочетать высокую потенциальную продуктивность и стабильность формирования урожайности под действием условий среды, включая устойчивость к многообразию стрессовых факторов.

ВЫВОДЫ

1. Климатические условия оказывают существенное влияние на реализацию потенциала продуктивности. В период эксперимента благоприятным для формирования урожайности зерна оказался 2019 г. ($X_j = 2,74$ т/га; $I_j = 0,3$), для формирования биомассы – 2017 г. ($X_j = 32,71$ т/га; $I_j = 3,1$). Во все годы изучения линия Камалинская 611 × Новосибирская была наиболее урожайной по обоим признакам (но в 2019 г. линия Байкальская × Г-252 была незначительно урожайнее по зерну).

2. По урожайности зерна по комплексу параметров адаптивности выделились образцы Байкальская × Г-252, ГК-964 и Кама-

линская 611 × Новосибирская. Они сочетают в себе высокую урожайность, стабильность, стрессоустойчивость, генетическую гибкость, пластичность и селекционную ценность. Однако в условиях интенсификации производства наиболее ценными являются линия Байкальская × Льговская 34 и сорт Камалинская 611, у которых уровень пластичности максимален, а дисперсия стремится к 0. Стабильная линия Байкальская × Г-252 нейтральна к изменению факторов среды и может быть рекомендована для экстенсивных условий.

3. По величине урожайности зеленой массы и комплексу параметров адаптивности выделилась линия Камалинская 611 × Новосибирская, сочетающая высокую урожайность ($X_i = 34,60$ т/га), генетическую гибкость ($КС = 35,45$) и селекционную ценность ($Sc = 25,67$) с отзывчивостью на улучшение условий ($b_i = 1,93$), при этом она может приспособляться к их ухудшению ($\delta_d^2 = 0,47$). К числу наиболее ценных генотипов для интенсивного производства можно отнести линию Камалинская 611 × Новосибирская, сочетающую высокую пластичность и стабильность. Стабильная линия Байкальская × Г-252 с низкой пластичностью может быть рекомендована для экстенсивных условий.

4. Для условий Новосибирской области по комплексу признаков рекомендуется линия Камалинская 611 × Новосибирская, сочетающая высокую продуктивность зерна и зеленой массы с отзывчивостью на улучшение условий выращивания, при этом способная приспособляться к их ухудшению. Линия Байкальская × Г-252, сочетающая продуктивность зерна и биомассы на среднем уровне с высокой стабильностью и низкой отзывчивостью на улучшение условий, рекомендуется для возделывания при минимальных затратах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Drannikov A.V., Iskusnykh A.Yu., Derkanosova A.A., Torshina A.A., Kurchaeva E.E., Shevtsov A.A.* Use of a complex of biologically active additives in complete compound feed for farm animals // IOP Conference Se-

- ries: Earth and Environmental Science. 2022. Vol. 1052. P. 012020. DOI: 10.1088/1755-1315/1052/1/012020.
2. Амбарцумова К.А., Тошкина Е.А. Однолетние бобовые культуры в смешанных посевах в условиях Новгородского региона // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2018. № 72. С. 25–27. DOI: 10.21515/1999-1703-72-25-27.
 3. Maxin G., Andueza D., Le Morvan A., Baumont R. Effect of intercropping vetch (*Vicia sativa* L.), field pea (*Pisum sativum* L.) and triticale (\times *Triticosecale*) on dry-matter yield, nutritive and ensiling characteristics when harvested at two growth stages // Grass and Forage Science. 2017. Vol. 72. N 4. P. 777–784. DOI: 10.1111/gfs.12277.
 4. Rinke N., Kautz T., Aulrich K., Böhma H. The effect of long-and short-stemmed oat in vetch-oat intercropping on weed infestation, agronomic performance, and grain quality in low input systems // European Journal of Agronomy. 2022. Vol. 140. P. 126611. DOI: 10.1016/j.eja.2022.126611.
 5. Теличко О.Н., Емельянов А.Н. Оценка гетерозиса по основным элементам продуктивности у гибридов вики яровой первого поколения в условиях Приморья // Кормопроизводство. 2020. № 5. С. 35–38.
 6. Игнатъев С.А., Регидин А.А. Оценка параметров адаптивности коллекционных образцов эспарцета // Зерновое хозяйство России. 2019. № 3 (63). С. 53–58. DOI: 10.31367/2079-8725-2019-63-3-53-58.
 7. Санага В.А., Митриковский А.Я. Оценка урожайного и адаптивного потенциала сортов гороха в условиях южной лесостепи Северного Зауралья // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2020. Т. 15. № 2 (58). С. 49–52. DOI: 10.12737/2073-0462-2020-49-52.
 8. Parissi Z., Irakli M., Tigka E., Papastylianou P., Dordas C., Tani E., Abraham E.M., Theodoropoulos A., Kargiotidou A., Kougiteas L., Koussta A., Koskosidis A., Kostoula S., Beslemes D., Vlachostergios D.N. Analysis of Genotypic and Environmental Effects on Biomass Yield, Nutritional and Antinutritional Factors in Common Vetch // Agronomy. 2022. Vol. 12. N 7. P. 1678. DOI: 10.3390/agronomy12071678.
 9. Юсова О.А., Николаев П.Н., Аниськов Н.И., Сафонова И.В. Экологическая реакция сортов ярового ячменя на абиотические и биотические факторы южной лесостепи Омского региона // Таврический вестник аграрной науки. 2021. № 1 (25). С. 224–235. DOI: 10.33952/2542-0720-2021-1-25-224-235.
 10. Пономарева С.В. Экологическая пластичность и стабильность по урожайности семян и зеленой массы гороха полевого в условиях Волго-Вятского региона // Зернобобовые и крупяные культуры. 2019. № 2 (30). С. 43–48. DOI: 10.24411/2309-348X-2019-11086.
 11. Жданова А.А., Кочнева М.Б. Анализ потенциала адаптивности сортов вики посевной по урожайности зеленой массы в условиях юго-восточной зоны Камчатского края // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2021. № 5. С. 33–37. DOI: 10.30850/vrsn/2021/5/33-37.

REFERENCES

6. Ignatiev S.A., Regidin A.A. The estimation of adaptability parameters of the collection samples of Sainfoin. *Zernovoe hozyajstvo Rossii = Grain Economy of Russia*, 2019, vol. 3 (63) pp. 53–58. (In Russian). DOI: 10.31367/2079-8725-2019-63-3-53-58.
7. Sapega V.A., Mitrikovskiy A.Ya. Assessment of yield and adaptive potential of pea varieties in the conditions of the southern forest steppe of the Northern Urals. *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Kazan State Agrarian University*, 2020, vol. 15, no. 2 (58), pp. 49–52. (In Russian). DOI: 10.12737/2073-0462-2020-49-52.
8. Parissi Z., Irakli M., Tigka E., Papastylianou P., Dordas C., Tani E., Abraham E.M., Theodoropoulos A., Kargiotidou A., Kougiteas L., Koussta A., Koskosidis A., Kostoula S., Beslemes D., Vlachostergios D.N. Analysis of Genotypic and Environmental Effects on Biomass Yield, Nutritional and Antinutritional Factors in Common Vetch. *Agronomy*, 2022, vol. 12, no. 7, pp. 1678. DOI: 10.3390/agronomy12071678.
9. Yusova O.A., Nikolaev P.N., Aniskov N.I., Safonova I.V. Ecological response of spring barley varieties to abiotic and biotic factors in the southern forest-steppe of the Omsk region. *Tavrisheskii vestnik agrarnoi nauki = Taurida Herald of the Agrarian Sciences*, 2021, vol. 1 (25), pp. 224–235. (In Russian). DOI: 10.33952/2542-0720-2021-1-25-224-235.
10. Ponomareva S.V. The ecological plasticity and stability by yield of seeds and green mass of field pea in the conditions of Volgo-Vyatskiy region. *Zernobobovye i krupianye kultury = Legumes and Groat Crops*, 2019, vol. 2 (30), pp. 43–48. (In Russian). DOI: 10.24411/2309-348X-2019-11086.
11. Zhdanova A.A., Kochneva M.B. An adaptability potential analysis of the *Vicia sativa* varieties on the green mass yield in the South Eastern zone of the Kamchatka Territory conditions. *Vestnik rossiiskoi selskokhoziaistvennoi nauki = Vestnik of the Russian agricultural science*, 2021, no. 5, pp. 33–37. (In Russian). DOI: 10.30850/vrsn/2021/5/33-373.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Гончарова А.В., доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник; e-mail: goncharovaav@bionet.nsc.ru

✉ **Капко Т.Н.**, научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 630501, Новосибирская область, р.п. Краснообск, а/я 375; e-mail: tatjanakapko@mail.ru

AUTHOR INFORMATION

Antonina V. Goncharova, Doctor of Science in Agriculture, Head Researcher; e-mail: goncharovaav@bionet.nsc.ru

✉ **Tatyana N. Kapko**, Researcher; **address:** PO Box 375, Krasnoobsk, Novosibirsk Region, 630501, Russia; e-mail: tatjanakapko@mail.ru

Дата поступления статьи / Received by the editors 14.10.2022
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 10.11.2022
Дата публикации / Published 20.03.2023