

РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ СВОЙСТВ АДАПТИВНОСТИ СОРТОВ ЭСПАРЦЕТА В УСЛОВИЯХ ЮГА РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

С. А. Игнатьев, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории многолетних трав, mnogoletnie.travy@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-0715-2982;

А. А. Регидин, младший научный сотрудник лаборатории многолетних трав, mnogoletnie.travy@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-3246-1501;

Н. С. Кравченко, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории биохимической оценки селекционного материала и качества зерна, mnogoletnie.travy@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-3388-1548;

К. Н. Горюнов, младший научный сотрудник лаборатории многолетних трав, mnogoletnie.travy@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-5685-6508

ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»,
347740, Ростовская обл., г. Зерноград, Научный городок, 3; e-mail: vniizk30@mail.ru

Целью исследований являлась оценка некоторых параметров адаптивности – коэффициента линейной регрессии, стрессоустойчивости, генетической гибкости и коэффициента стабильности по признакам «продуктивность зеленой массы» и «продуктивность сухого вещества». Объектом исследований служили 6 сортов эспарцета селекции «АНЦ «Донской». За стандарт принят сорт Зерноградский 2. Посев выполняли весной сеялкой ССФК-7 в чистом виде, без покровной культуры. Норма высева – 5 млн всхожих семян на 1 га. Площадь деланки 20 м², повторность четырехкратная. Оценку по показателям экологической адаптивности выполняли по методу S. A. Eberchart и W. A. Russel (1966) в изложении В. А. Зыкина и др. (2011), расчет стрессоустойчивости и генетической гибкости – по А. А. Гончаренко (2005). Результаты дисперсионного анализа показывают значительное влияние фактора В (условия) как на изменчивость урожайности зеленой массы (79,12 %), так и сухого вещества (75,38 %). Все изучаемые сорта эспарцета по годам и по закладкам посева существенно превосходили стандарт. Наиболее продуктивный из них новый сорт Атаманский 20 в среднем формировал 30,9 т/га зеленой массы и 8,3 т/га сухой массы, с колебаниями по годам 24,8–44,9 и 6,4–12,1 т/га соответственно. Сорта эспарцета различаются реакцией урожайности зеленой и сухой массы на изменение условий среды. Сорта Зерноградский 2, Атаманский и Атаманский 20 требовательны к улучшению условий при возделывании на зеленый корм и сено ($bi > 1$), а сорта Велес, Сударь и Шурави слабее реагируют на улучшение условий среды и являются более пластичными ($bi < 1$). Высокой устойчивостью к стрессу обладают сорта Велес, Сударь и Шурави, а у сортов Зерноградский 2, Атаманский и Атаманский 20 диапазон приспособительных возможностей устойчивости к стрессу уже. Более высокое соответствие между генотипом и факторами среды и высокая генетическая гибкость установлены у сорта Атаманский 20.

Ключевые слова: эспарцет, сорт, продуктивность, зеленая масса, сухое вещество, адаптивность.

Для цитирования: Игнатьев С. А., Регидин А. А., Кравченко Н. С., Горюнов К. Н. Результаты оценки свойств адаптивности сортов эспарцета в условиях юга Ростовской области // Зерновое хозяйство России. 2022. Т. 14, № 5. С. 33–38. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-82-5-33-38.



RESULTS OF ESTIMATING ADAPTABILITY OF SAINFOIN VARIETIES IN THE SOUTH OF THE ROSTOV REGION

S. A. Ignatiev, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory for breeding and seed production of perennial grasses, mnogoletnie.travy@mail.ru, ORCID: 0000-0003-0715-2982;

A. A. Regidin, junior researcher of the laboratory for breeding and seed production of perennial grasses, mnogoletnie.travy@mail.ru, ORCID: 0000-0002-3246-1501;

N. S. Kravchenko, Candidate of Biological Sciences, senior researcher of the laboratory for biochemical estimation of breeding material and seed quality, mnogoletnie.travy@mail.ru, ORCID: 0000-0003-3388-1548;

K. N. Goryunov, junior researcher of the laboratory for breeding and seed production of perennial grasses, mnogoletnie.travy@mail.ru, ORCID: 0000-0002-5685-6508

FSBSI «Agricultural Research Center «Donskoy»,
347740, Rostov region, Zernograd, Nauchny Gorodok, 3; e-mail: vniizk30@mail.ru

The purpose of the study was to estimate such adaptability parameters, as a linear regression coefficient, stress resistance, genetic flexibility and stability coefficient, according to the traits “green mass productivity” and “dry matter productivity”. The objects of the study were 6 sainfoin varieties developed by the ARC “Donskoy”. The variety ‘Zernogradsky 2’ was taken as the standard one. Sowing was carried out in the spring with the SSFC-7 seeder in its pure form, without a cover crop. A seeding rate was 5 million germinated seeds per 1 ha. The area of the plot was 20 m², with fourfold repetition. The estimation according to the indicators of ecological adaptability was performed according to the S. A. Eberchart and W. A. Russel (1966) as presented by V. A. Zykina et al. (2011), calculation of stress resistance and genetic flexibility was established according to A.A. Goncharenko (2005). The results of the analysis of variance have shown a significant influence of factor B (conditions) both on the variability of productivity of green mass (79.12 %) and dry matter (75.38 %). All the studied sainfoin varieties according to the years and sowing signifi-

cantly exceeded the indicators of the standard variety. The most productive of them, the new variety 'Atamansky 20', formed on average 30.9 t/ha of green mass and 8.3 t/ha of dry mass, with fluctuations over the years, respectively, 24.8–44.9 t/ha and 6.4–12.1 t/ha. The sainfoin varieties differ in the response of green and dry mass productivity to changing environmental conditions. The varieties 'Zernogradsky 2', 'Atamansky' and 'Atamansky 20' demand to improve conditions when cultivated for green feed and hay ($bi > 1$), while the varieties 'Veles', 'Sudar' and 'Shuravi' respond less well to improved environmental conditions and are more adaptable ($bi < 1$). The varieties 'Veles', 'Sudar' and 'Shuravi' are highly resistant to stress, while the varieties Zernogradsky 2, 'Atamansky' and 'Atamansky 20' have a narrower range of adaptive capabilities of stress resistance. A higher correspondence between a genotype and environmental factors and high genetic flexibility were found in the variety 'Atamansky 20'.

Keywords: sainfoin, variety, productivity, green mass, dry matter, adaptability.

Введение. В растениеводстве в связи с изменяющимися климатическими условиями, как на региональном уровне, так и на континентальном (Павлова и др. 2020; Антонов, 2019), большее внимание уделяется изучению проблем потенциальной продуктивности культурных растений и экологической их устойчивости (Жученко, 2004; Гончаренко, 2005; Мальчиков и др., 2018). В РФ появляется все больше работ, посвященных изучению адаптивных свойств разных зерновых культур в различных регионах и их связи с продуктивностью (Радченко и др., 2018; Левакова, 2019; Филиппов и др., 2019; Юсова и др., 2020; Мальчиков и Мясникова, 2021).

Кормовая и семенная продуктивность многолетних трав повсеместно в значительной степени зависит от складывающихся погодно-климатических условий, таких как увлажнение, температура воздуха, длительность вегетационного периода, обеспеченность элементами питания (Благовещенский и др., 2018).

Экономия материальных средств при лимите благоприятных факторов произрастания растений предполагает активизацию использования бобовых многолетних трав, так как они улучшают обеспеченность почв азотом, а кормов – растительным белком, что обеспечивает более высокую продуктивность сельскохозяйственных культур и животных.

Одной из важных многолетних бобовых культур является эспарцет. Культура позволяет получать высокий урожай кормовой массы и семян. Она оптимально подходит для коротких севооборотов и как предшественник зачастую не уступает злаково-бобовой смеси, гороху и нуту. На юге России это одна из лучших сидеральных культур (Кравцова, 2016; Mora-Ortiz et al., 2016).

Невысокая требовательность эспарцета к плодородию почв и наличие вышеприведенных хозяйственно-биологических свойств вполне объясняет повышенный интерес к данной культуре. Чтобы не нарушать принципы адаптивности в размещении сельскохозяйственных культур, в том числе и созданных в последние годы сортов эспарцета, появилась необходимость оценки их параметров адаптивности.

Цель исследований – оценка некоторых параметров адаптивности: коэффициента линейной регрессии (bi), стрессоустойчивости ($Y_{min} - Y_{max}$), генетической гибкости ($(Y_{min} - Y_{max})/2$) и коэффициента стабильности (σ^2) по признакам «продуктивность зеленой массы» и «сухого вещества».

Материалы и методы исследований.

Исследования проводили в ФГБНУ «АНЦ «Донской», находящемся в южной зоне Ростовской области. Объектом исследований служили 5 сортов эспарцета местной селекции, допущенных к использованию в разных регионах РФ, и один сорт эспарцета, переданный на Государственное сортоиспытание в 2020 году. За стандарт принят сорт Зерноградский 2.

Посев выполняли весной сеялкой ССФК-7 в чистом виде, без покровной культуры. В первый год жизни на посеве проводили уходные мероприятия по борьбе с сорной растительностью периодическим его подкашиванием. Норма высева – 5 млн всхожих семян на 1 га. Площадь делянки 20 м², повторность четырехкратная. Учет урожая в каждой из закладок опыта проводился во второй и третий годы жизни. Уборку зеленой массы выполняли вручную в фазу начала цветения растений эспарцета, определение сухого вещества – высушиванием навесок зеленой массы в сушильном шкафу при температуре 105 °C (ГОСТ 31640-2012).

Почва участка – чернозем обыкновенный тяжелосуглинистый карбонатный. Содержание гумуса в слое почвы 0–20 см – 3,4 %, низкое содержание подвижного фосфора (18 мг/кг почвы) и среднее – обменного калия (320 мг/кг почвы).

Оценку по показателям экологической адаптивности выполняли по методу S. A. Eberchart и W. A. Russel (1966) в изложении В. А. Зыкина и др. (2011), расчет стрессоустойчивости и генетической гибкости – по А. А. Гончаренко (2005).

Математическая и статистическая обработка результатов опыта проведена с использованием программ Microsoft Office Excel и Statistica 10.0.

В осенне-зимний период 2018–2019 гг. количество выпавших осадков было практически равно среднемноголетним их значениям. За весеннее время количество осадков было на 8,8 % выше, а в летний период оно составило только 55 % от среднемноголетнего их количества. Недостаток летних осадков существенно отразился на начале осенней вегетации многолетних трав в послеуборочный период. Температурный режим в осенне-весеннее время был благоприятен, среднемесячные температуры были близки к среднемноголетним за этот период. Начало цветения эспарцета совпало с резким повышением температуры воз-

духа, что ускорило время цветения и сократило этот период.

В осенне-зимний период 2019 г. количество выпавших осадков составило 51,4 % от среднемноголетних, а за январь–февраль 2020 г. их количество превысило на 62,8 % среднемноголетнюю норму. Полное отсутствие осадков в марте и лишь 43 % от среднемноголетней нормы в апреле привело к острому недостатку влаги, и только выпавшие в мае осадки в какой-то степени снизили потребность эспарцета во влаге. Во второй половине вегетации (июнь–август) вновь ощущался недостаток влаги на посевах эспарцета, так как их количество составляло только 83 % от среднемноголетних. Дефицит влаги отмечался на фоне высоких среднесуточных температур – на 0,5–2,4 °C выше среднемноголетних на протяжении всего вегетационного периода.

Для осени и начала зимы 2020 г. был характерен острый недостаток влаги. В сентябре выпало 2,7 мм, в октябре 16,4 мм, в ноябре 9,3 мм, в декабре 17,5 мм осадков, что составляло соответственно 6,4, 42,4, 18,4 и 27,6 % от среднемноголетних. Среднесуточные температуры воздуха в осенние месяцы были на 4,2–1,7 °C

выше среднемноголетних. После выпадения октябрьских осадков началась осенняя вегетация эспарцета. Зимний период был благоприятным для его перезимовки. В весенний период отмечалось высокое количество осадков, которое превышало среднемноголетние показатели – на 32,2 % в марте, 124,1 % в апреле и 26,7 % в мае.

Для всех лет наблюдений характерны недостаток влаги и высокие температуры воздуха в летний и осенний месяцы, что затягивает начало осенней вегетации эспарцета и подготовку к зимнему периоду. Однако осенне-зимне-весенних осадков, даже при неравномерном их выпадении, достаточно для формирования урожая зеленой массы и семян.

Результаты и их обсуждение. Установление факта взаимодействия (сорт $\times$ условия) для выборки сортов эспарцета выполняют по результатам дисперсионного анализа. Результаты проведенного двухфакторного дисперсионного анализа показывают более высокое влияние фактора В (условия) как на изменчивость урожайности зеленой массы (79,12 %), так и сухого вещества (75,38 %) (табл. 1).

Таблица 1. Результаты двухфакторного дисперсионного анализа по признакам «урожайность зеленой массы» и «урожайность сухого вещества», 2017–2021 гг.

Table 1. Results of a two-way analysis of variance according to the trait “green mass productivity” and “dry matter productivity”, 2017–2021

Источники вариации	Сумма квадратов	Степени свободы	Дисперсия	Fфакт.	Fтабл.	Влияние фактора, %
зеленая масса						
Фактор А*	131,80	5	26,36	18,42	2,5	5,01
Фактор В*	2082,18	5	416,44	290,97	2,5	79,12
Взаимодействие А $\times$ В	91,82	25	3,67	2,57	1,9	3,49
сухое вещество						
Фактор А	14,18	5	2,84	20,09	2,5	8,16
Фактор В	130,91	5	26,18	185,50	2,5	75,38
Взаимодействие А $\times$ В	11,5	25	0,44	3,16	1,9	6,42

Примечание. * Фактор А – сорт, фактор В – условия.

Влияние на изменение урожайности зеленой массы и сухого вещества фактора А составляло соответственно 5,01 и 8,16 %. Влияние это достоверно, так как Fфакт. обоих признаков выше, чем Fтабл.

Взаимодействие между факторами для этих признаков также достоверно. Для зеленой мас-

сы оно составляло 3,49 %, для сухого вещества – 6,42 %.

Под влиянием различных условий выращивания урожайность зеленой и сухой массы сортов эспарцета варьировала в широких пределах (табл. 2).

Таблица 2. Влияние условий выращивания на урожайность зеленой массы и сухого вещества сортов эспарцета, т/га, 2018–2021 гг.

Table 2. Influence of growing conditions on productivity of green mass and dry matter of the sainfoin varieties, t/ha, 2018–2021

Сорт	Годы закладки						ΣY_i	Y_i	CV, %	bi
	2017		2018		2019					
	Годы учета урожая									
	2018	2019	2019	2020	2020	2021				
зеленая масса										
Зерноградский 2, ст.	25,2	26,4	37,2	28,1	19,6	21,3	157,8	26,3	23,6	1,04
Атаманский	26,1	27,8	40,4	30,9	22,9	21,9	170,0	28,3	23,8	1,14
Велес	28,1	27,4	36,2	29,3	24,3	22,4	167,7	28,0	17,1	0,80

Продолжение табл. 2

Сорт	Годы закладки						ΣY_i	Y_i	CV, %	bi
	2017		2018		2019					
	Годы учета урожая									
	2018	2019	2019	2020	2020	2021				
Сударь	29,6	26,7	38,1	30,9	24,6	29,0	178,9	29,8	17,9	0,87
Шурави	28,2	28,4	37,8	29,9	23,4	24,3	172,0	28,7	18,4	0,88
Атаманский 20	28,8	28,7	44,9	32,8	25,1	24,8	185,1	30,9	24,2	1,26
ΣY_i	166,0	163,4	234,6	181,9	139,5	139,3				
Y_i	27,67	27,23	39,10	30,32	23,25	23,22				
I_j	-0,80	-1,23	10,64	1,85	-5,21	-5,25				
HCP_{05}	1,42	1,21	1,62	1,33	0,81	0,73				
сухое вещество										
Зерноградский 2, ст.	6,6	6,9	9,7	7,0	5,1	5,6	40,9	6,8	23,5	1,03
Атаманский	6,9	7,1	9,9	8,3	6,0	5,7	43,9	7,3	21,4	1,02
Велес	7,3	7,1	9,4	8,0	6,5	6,0	44,3	7,4	16,3	0,78
Сударь	7,7	6,9	9,8	8,4	6,2	6,0	45,0	7,5	19,3	0,93
Шурави	8,0	7,8	9,7	8,4	6,2	6,1	46,2	7,7	17,8	0,88
Атаманский 20	7,9	7,8	12,1	8,8	6,5	6,4	49,5	8,3	25,4	1,36
ΣY_i	44,4	43,6	60,6	48,9	36,5	35,8				
Y_i	7,40	7,27	10,10	8,15	6,08	5,97				
I_j	-0,09	-0,23	2,61	0,66	-1,41	-1,53				
HCP_{05}	0,41	0,34	0,43	0,52	0,37	0,24				

Стандарт Зерноградский 2 в среднем сформировал урожайность зеленой массы 26,3 т/га, сухой массы – 6,8 т/га, с изменениями по годам от 19,6 до 37,2 т/га и от 5,1 до 9,7 т/га соответственно.

Все изучаемые сорта эспарцета по годам и по закладкам посева были на уровне или превосходили стандарт. Наиболее продуктивный из них новый сорт Атаманский 20 в среднем формировал 30,9 т/га зеленой массы и 8,3 т/га сухой массы, с колебаниями по годам 24,8–44,9 и 6,4–12,1 т/га соответственно.

Значительными были коэффициенты вариации урожайности зеленой и сухой массы стандарта (23,6 и 23,5 %) и у сорта Атаманский 20 (24,2 и 25,4 %). У сортов эспарцета Велес, Сударь и Шурави коэффициенты вариации были средними и для зеленой, и для сухой массы.

Наиболее благоприятные условия для формирования зеленой и сухой массы складывались для посева закладки 2018 года. Индекс условий среды (I_i) в 2019 г. составил +10,64 и в 2020 г. +1,85 для зеленой и 2,61 и 0,66 для сухой массы соответственно. Менее благоприятные условия складывались для посева 2019 г. – индексы условий были отрицательны: -5,21 и -5,25 для зеленой и -1,43 и -1,53 для сухой массы при учете урожая в 2020 и 2021 годах.

Реакцию на изменение условий выращивания отражает коэффициент линейной ре-

грессии (bi) урожайности изучаемых сортов эспарцета. По величине коэффициента регрессии в данной выборке сортов эспарцета выделяются две их группы. Одна группа – сорта Зерноградский 2 (стандарт), Атаманский и Атаманский 20, у которых коэффициент линейной регрессии урожайности зеленой и сухой массы больше единицы. Эта группа сортов эспарцета требовательна к улучшению условий выращивания. Новый сорт эспарцета Атаманский 20 будет давать максимальную отдачу при выращивании на зеленый корм и сено при высоком уровне агротехники и благоприятных климатических условиях, так как у него коэффициенты линейной регрессии составляли $bi = 1,26$ для урожайности зеленой массы и $bi = 1,36$ для урожайности сухой массы.

Сорта Велес, Сударь и Шурави при выращивании на зеленый корм и сено имеют коэффициент линейной регрессии урожайности этих признаков меньше единицы, они будут слабее реагировать изменением урожайности на изменение условий среды.

Изучение сортов эспарцета показало, что способностью формировать стабильную продуктивность зеленой и сухой массы в различных условиях и устойчивостью к стрессу выделяются сорта Велес, Сударь и Шурави (табл. 3).

Таблица 3. Параметры адаптивности сортов эспарцета (2017–2021 гг.)
Table 3. Parameters of adaptability of the sainfoin varieties (2017–2021)

Сорт	Варьирование урожайности, т/га	Стрессоустойчивость, $Y_{\min} - Y_{\max}$	Генетическая гибкость, $(Y_{\min} - Y_{\max})/2$	Коэффициент дисперсии (стабильности), σ^2
зеленая масса				
Зерноградский 2, ст.	19,6–37,2	-17,6	28,4	0,96
Атаманский	21,9–40,4	-18,5	31,2	0,80
Велес	22,4–36,2	-13,8	29,3	0,75

Продолжение табл. 3

Сорт	Варьирование урожайности, т/га	Стрессоустойчивость, $Y_{\min} - Y_{\max}$	Генетическая гибкость, $(Y_{\min} - Y_{\max})/2$	Коэффициент дисперсии (стабильности), σ^2
зеленая масса				
Сударь	24,2–38,1	–13,9	31,2	0,85
Шурави	23,4–37,8	–14,4	30,6	0,38
Атаманский 20	24,8–44,9	–20,1	34,9	0,75
сухое вещество				
Зерноградский 2, ст.	5,1–9,7	–4,6	7,4	0,15
Атаманский	5,7–9,9	–4,2	7,8	0,06
Велес	6,0–9,4	–3,4	7,7	0,03
Сударь	6,0–9,8	–3,8	7,9	0,08
Шурави	6,1–9,7	–3,6	7,9	0,12
Атаманский 20	6,4–12,1	–5,7	9,2	0,09

Устойчивость к стрессу у них имеет отрицательные значения. По признаку урожайность зеленой массы соответственно –13,8, –13,9 и –14,1, сухой массы –3,4, –3,8 и –3,6. Показатель стрессоустойчивости отражает уровень устойчивости сортов эспарцета к стрессовым условиям произрастания, а методика ее расчета определяет, что чем меньше разница между минимальными и максимальными урожайностями, тем выше стрессоустойчивость и шире приспособительные возможности изучаемых сортов. Меньшей устойчивостью и более ограниченными приспособительными способностями в этом отношении обладают стандарт Зерноградский 2 и сорта Атаманский и Атаманский 20.

В то же время по генетической гибкости и большему соответствию между генотипом и факторами среды обладает новый сорт Атаманский 20. У него более высокие значения этого показателя для признака урожайности зеленой (34,9) и сухой (9,2) массы. Остальные сорта эспарцета имеют близкие величины генетической гибкости в условиях возделывания их на зеленый корм и сено.

Коэффициент дисперсии (σ^2), характеризующий стабильность сортов в различных условиях и рассчитанный на основе теоретической урожайности сортов эспарцета за годы испытаний и отклонения фактических значений урожайности от теоретических, для признака «урожайность зеленой массы» варьировал от 0,38 до 0,96, а для «сухой массы» – от 0,03 до 0,15. Наиболее высоким коэффициентом

дисперсии выделялся стандарт Зерноградский 2 – 0,96 для признака «урожайность зеленой» и 0,15 для «сухой массы», следовательно, стандарт является из изучаемых сортов наименее стабильным. Большей стабильностью по признаку «урожайность зеленой массы» отмечился сорт Шурави ($\sigma^2 = 0,38$), а по признаку «урожайность сухой массы» более стабильным был сорт Велес ($\sigma^2 = 0,03$).

Выводы. Таким образом, изучение сортов эспарцета местной селекции в течение нескольких лет (2017–2021 гг.) по некоторым признакам адаптивности показало, что эти сорта различаются реакцией урожайности зеленой и сухой массы на изменение условий среды. Коэффициент, отражающий эту реакцию, у сортов Зерноградский 2, Атаманский и Атаманский 20 больше единицы, и они требовательны к улучшению условий при возделывании на зеленый корм и сено, а сорта Велес, Сударь и Шурави, би у которых меньше единицы, слабее реагируют изменением урожайности зеленой и сухой массы на улучшение условий среды и являются более пластичными. Поэтому более высокой устойчивостью к стрессу обладают сорта Велес, Сударь и Шурави, а у сортов Зерноградский 2, Атаманский и Атаманский 20 диапазон приспособительных возможностей устойчивости к стрессу уже. Более высокое соответствие между генотипом и факторами среды по признакам «урожайность зеленой и сухой массы» и «высокая генетическая гибкость» установлены для сорта Атаманский 20.

Библиографические ссылки

1. Антонов С. А. Изменение засушливости территории Ставропольского края за последние 50 лет (1969–2018 гг.) // Сельскохозяйственный журнал. 2019. № 12(2). С. 6–12. DOI: 10.25930/001.2.12.2019.
2. Гончаренко А. А. Об адаптивности и экологической устойчивости сортов зерновых культур // Вестник Россельхозакадемии. 2005. № 6. С. 49–53.
3. Жученко А. А. Ресурсный потенциал производства зерна в России. М.: Агрорус, 2004. 1109 с.
4. Кравцова Е. В. Влияние сидератов на продуктивность зерновых культур в условиях южной зоны Ростовской области // Зерновое хозяйство России. 2016. № 4(46). С. 57–60.
5. Левакова О. В. Результаты изучения адаптивно-экологических показателей новых сортов и перспективных линий озимой мягкой пшеницы в условиях Рязанской области // Зерновое хозяйство России. 2019. № 2(62). С. 13–16. DOI: 10.31367/2079-8725-2019-62-2-13-16.
6. Мальчиков П. Н., Мясникова М. Г. Адаптивность селекционных линий твердой пшеницы из Италии в условиях Среднего Поволжья // Достижения науки и техники в АПК. 2021. Т. 35, № 3. С. 28–32. DOI:10.24411/0235-2451-2021-10305.
7. Мальчиков П. Н., Розова М. А., Моргунов А. И., Мясникова М. Г., Зеленский Ю. И. Величина и стабильность урожайности современного селекционного материала яровой твердой пшеницы (*Triticum durum* desf.) из России и Казахстана // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2018. Т. 22, № 8. С. 939–950. DOI: 10.18699/VJ18.436.

8. Павлова В. Н., Каланка П., Караченкова А. А. Продуктивность зерновых культур на территории Европейской России при изменении климата за последние десятилетия // *Метеорология и гидрология*. 2020. (1). С. 78–94.

9. Радченко Л. Н., Ганоцкая Т. Л., Радченко А. Ф. Оценка адаптивных свойств озимой ржи при возделывании в условиях Крыма // *Таврический вестник аграрной науки*. 2018. № 1(13). С. 74–79. DOI: 10.25637/TVAN2018.01.06.

10. Филиппов Е. Г., Донцова А. А., Брагин Р. Н. Оценка показателей адаптивности сортов озимого ячменя в условиях юга России // *Зерновое хозяйство России*. 2019. № 4(64). С. 14–18. DOI: 10.31367/2079-8725-2019-64-4-14-18.

11. Юсова О. А., Николаев П. Н., Бендина Я. Б., Сафонова И. В., Аниськов Н. И. Стрессоустойчивость сортов ячменя различного экологического происхождения для условий резко континентального климата // *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2020. № 18(4). С. 44–55. <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2020-4-44-55>.

12. Mora-Ortiz M., Swain M. T., Vickers M. J., Hegarty M. J., Kelly R., Smith L. M. J., Skøt L. De novo transcriptome assembly for gene identification, analysis, annotation, and molecular marker discovery in *Onobrychis viciifolia* // *BMC Genomics* 17. 2016. Vol. 756. DOI: 10/1186/s12864-016-3083-6.

References

1. Antonov S. A. Izmenenie zasushlivosti territorii Stavropol'skogo kraia za poslednie 50 let (1969–2018 gg.) [Changes in aridity in the Stavropol Territory over the past 50 years (1969–2018)] // *Sel'skokhozyaistvennyi zhurnal*. 2019. № 12(2). S. 6–12. DOI: 10.25930/001.2.12.2019.

2. Goncharenko A. A. Ob adaptivnosti i ekologicheskoi ustoichivosti sortov zernovykh kul'tur [On the adaptability and environmental sustainability of grain crop varieties] // *Vestnik Rossel'khozakademii*. 2005. № 6. S. 49–53.

3. Zhuchenko A. A. Resursnyi potentsial proizvodstva zerna v Rossii [Resource potential of grain production in Russia]. M.: Agrorus, 2004. 1109 s.

4. Kravtsova E. V. Vliyaniye sideratov na produktivnost' zernovykh kul'tur v usloviyakh yuzhnoi zony Rostovskoi oblasti [The influence of green manure on grain crop productivity in the conditions of the southern part of the Rostov region] // *Zernovoe khozyaistvo Rossii*. 2016. № 4(46). S. 57–60.

5. Levakova O. V. Rezul'taty izucheniya adaptivno-ekologicheskikh pokazatelei novykh sortov i perspektivnykh linii ozimoi myagkoi pshenitsy v usloviyakh Ryazanskoi oblasti [Study results of the adaptive-ecological indicators of new winter bread wheat varieties and promising lines in the Ryazan region] // *Zernovoe khozyaistvo Rossii*. 2019. № 2(62). S. 13–16. DOI: 10.31367/2079-8725-2019-62-2-13-16.

6. Mal'chikov P. N., Myasnikova M. G. Adaptivnost' selektsionnykh linii tverdoi pshenitsy iz Italii v usloviyakh Srednego Povolzh'ya [Adaptability of durum wheat breeding lines from Italy in the conditions of the Middle Volga region] // *Dostizheniya nauki i tekhniki v APK*. 2021. T. 35, № 3. S. 28–32. DOI: 10.24411/0235-2451-2021-10305.

7. Mal'chikov P. N., Rozova M. A., Morgunov A. I., Myasnikova M. G., Zelenskii Yu. I. Velichina i stabil'nost' urozhainosti sovremennogo selektsionnogo materiala yarovoi tverdoi pshenitsy (*Triticum durum* desf.) iz Rossii i Kazakhstana [Productivity value and stability of the current spring durum wheat breeding material (*Triticum durum* desf.) from Russia and Kazakhstan] // *Vavilovskii zhurnal genetiki i selektsii*. 2018. T. 22, № 8. S. 939–950. DOI: 10.18699/VJ18.436.

8. Pavlova V. N., Kalanka P., Karachenkova A. A. Produktivnost' zernovykh kul'tur na territorii Evropeiskoi Rossii pri izmenenii klimata za poslednie desyatiletiya [Productivity of grain crops on the territory of European Russia under climate change over the past decades] // *Meteorologiya i gidrologiya*. 2020. (1). S. 78–94.

9. Radchenko L. N., Ganotskaya T. L., Radchenko A. F. Otsenka adaptivnykh svoystv ozimoi rzhii pri vozdeleyanii v usloviyakh Kryma [Estimation of the adaptive properties of winter rye when cultivated in the Crimea] // *Tavricheskii vestnik agrarnoi nauki*. 2018. № 1(13). S. 74–79. DOI: 10.25637/TVAN2018.01.06.

10. Filippov E. G., Dontsova A. A., Bragin R. N. Otsenka pokazatelei adaptivnosti sortov ozimogo yachmenya v usloviyakh yuga Rossii [Estimation of adaptability indicators of the winter barley varieties in the south of Russia] // *Zernovoe khozyaistvo Rossii*. 2019. № 4(64). S. 14–18. DOI: 10.31367/2079-8725-2019-64-4-14-18.

11. Yusova O. A., Nikolaev P. N., Bendina Ya. B., Safonova I. V., Anis'kov N. I. Stressoustoichivost' sortov yachmenya razlichnogo ekologicheskogo proiskhozhdeniya dlya uslovii rezko kontinental'nogo klimata [Stress resistance of barley varieties of different ecological origin for the conditions of a sharply continental climate] // *Trudy po prikladnoi botanike, genetike i selektsii*. 2020. № 18(4). S. 44–55. <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2020-4-44-55>.

12. Mora-Ortiz M., Swain M. T., Vickers M. J., Hegarty M. J., Kelly R., Smith L. M. J., Skøt L. De novo transcriptome assembly for gene identification, analysis, annotation, and molecular marker discovery in *Onobrychis viciifolia* // *BMC Genomics* 17. 2016. Vol. 756. DOI: 10/1186/s12864-016-3083-6.

Поступила: 31.08.22; доработана после рецензирования: 28.09.22; принята к публикации: 06.10.22.

Критерии авторства. Авторы статьи подтверждают, что имеют на статью равные права и несут равную ответственность за плагиат.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Игнатьев С. А. – концептуализация исследования, подготовка рукописи; Регидин А. А. – анализ данных и их интерпретация, подготовка рукописи; Кравченко Н. С. – биохимический анализ; Горюнов К. Н. – проведение полевого опыта.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.