

ОЦЕНКА ЗАСУХОУСТОЙЧИВОСТИ И ИНДЕКСНЫЙ СКРИНИНГ СОРТОВ ОВСА ОТЕЧЕСТВЕННОЙ СЕЛЕКЦИИ*

Дмитрий Иванович Ерёмин¹, доктор биологических наук, доцент

Анна Валерьевна Любимова¹, кандидат биологических наук

Диана Васильевна Ерёмкина², кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

¹Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Северного Зауралья —
филиал Федерального исследовательского центра Тюменского научного центра Сибирского отделения РАН,
пос. Московский, Тюменский р-н, Тюменская обл., Россия

²Государственный аграрный университет Северного Зауралья, г. Тюмень, Тюменская обл., Россия
E-mail: soil-tyumen@yandex.ru

Аннотация. В основе определения засухоустойчивых сортов овса стоит отбор идентификационных показателей и создание системы комплексной оценки, позволяющей эффективно выделить наиболее перспективные генотипы для селекционной работы. В ходе трехлетних модельных опытов было изучено 40 сортов овса Российской селекции с измерением морфофизиологических показателей и расчетом соответствующих индексов в условиях стресса, вызванного почвенной засухой во время кушения и цветения. Исследования проводили в неотапливаемой теплице летнего типа, расположенной на территории Научно-исследовательского института сельского хозяйства Северного Зауралья. В качестве контроля брали те же сорта, которые росли при регулярном поливе и не испытывали дефицита влаги. Определяли высоту растений, элементы структуры урожая, значения содержания протеина в листьях, хлорофилловый индекс, относительное содержание воды в листьях и индекс стабильности мембран. Рассмотрение каждого показателя по отдельности не дает возможности выявить засухоустойчивость овса. Оценка генотипов по индексам восприимчивости к засухе (DSI) и толерантности к ней (DTI) позволяет выделить группы засухоустойчивых сортов овса и определить степень ее влияния на элементы структуры урожая. Сорта Привет, Передовик, Сиг, Фауст, Новосибирский 5, Баргузин, Ассоль устойчивы к почвенной засухе во время кушения и цветения. Их DSI был менее 0,83 и 0,78 ед. соответственно. Такие сорта как КРОСС, Виленский и Горизонт также обладали высокой устойчивостью к засухе во время кушения. Засуха в более поздний период приводила к очень сильному стрессу, что негативно сказывалось на их продуктивности. Группу наиболее восприимчивых к засухе генотипов составили: Дедал, Нарымский 943, Песец, Львовский, Тигровый, Экспресс, Таёжник, Буланный, Борец и Десант. Их индекс восприимчивости к засухе был более 1,2 ед.

Ключевые слова: засухоустойчивые сорта овса, хлорофилловый индекс, морфофизиологические показатели, индекс стабильности мембран, стресс растений, индекс восприимчивости к засухе, индекс засухоустойчивости, абиотические факторы, направленная селекция

DROUGHT RESISTANCE AND INDEX SCREENING OF DOMESTIC SELECTION OAT VARIETIES

D.I. Eremin¹, *Grand PhD in Biological Sciences, Associate Professor*

A.V. Lyubimova¹, *PhD in Biological Sciences*

D.V. Eremina², *PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor*

¹Research Institute of Agriculture of the Northern Trans-Urals - branch of the Federal Research Center
of the Tyumen Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences,
pos. Moskovsky, Tyumen district, Tyumen region, Russia

²State Agrarian University of the Northern Trans-Urals, Tyumen, Tyumen region, Russia
E-mail: soil-tyumen@yandex.ru

Abstract. The determination of drought-resistant oat varieties is based on the selection of identification indicators and the creation of a comprehensive assessment system that effectively identifies the most promising genotypes for breeding work. During three-year model experiments, 40 varieties of oats of Russian breeding were studied by measuring morphophysiological indicators and calculating the corresponding indices under stress caused by soil drought during tillering and flowering. The research was carried out in an unheated summer-type greenhouse located on the territory of the Research Institute of Agriculture of the Northern Trans-Urals. As a control, the same varieties that grew with regular watering and did not experience moisture deficiency were used. Plant height and crop structure elements were studied. The values of the protein content in the leaves, the chlorophyll index, the relative water content in the leaves and the membrane stability index were determined. It is established that the use of each indicator separately as a criterion of drought resistance does not make it possible to fully assess the drought resistance of oats. Assessment of genotypes by indices of susceptibility to drought (DSI) and tolerance to it (DTI) allows us to identify groups of drought-resistant varieties of oats and assess the degree of influence of soil drought on the elements of the crop structure. In the course of research, it was found that the varieties Privet, Peredovik, Sig, Faust, Novosibirsk 5,

* Работа выполнена по госзаданию № 122011300103-0 и при поддержке Западно-Сибирского межрегионального научно-образовательного центра мирового уровня / The work was carried out according to state task No. 122011300103-0 and with the support of the world-class West Siberian Interregional Scientific and Educational Center.

Barguzin, Assol are resistant to soil droughts during tillering and flowering. Their DSI was less than 0.83 and 0.78 units. accordingly. Such varieties as CROSS, Vilensky and Horizont also had high resistance to drought during tillering. The drought in the later period led to very severe stress, which negatively affected their productivity. The group of genotypes most susceptible to drought was: Dedal, Narymsky 943, Pesec, Lgovsky, Tigrov, Express, Tayoschnik, Bulany, Borec and Desant. Their drought susceptibility index was more than 1.2 units.

Keywords: drought-resistant varieties of oats, chlorophyll index, morphophysiological indicators, membrane stability index, plant stress, drought susceptibility index, drought resistance index, abiotic factors, targeted breeding

Овес — одна из наиболее важных зерновых культур для Западной Сибири. [8, 20] Он способен в максимальной степени использовать биоклиматический потенциал региона в условиях низкого плодородия почв. В отличие от пшеницы и ячменя, овес усваивает труднодоступные питательные вещества, устойчив к повышенной кислотности, но не выносит дефицита почвенной влаги, особенно в первой половине своей вегетации. По засухоустойчивости он уступает всем зерновым культурам, поэтому его распространение в зоне степей и полупустынь ограничено. [15] Также его мало возделывают в регионах с высокими температурами в летний период — завязываемость зерна сокращается до минимума, а иногда прекращается полностью. Так как в Западной Сибири климат умеренно теплый с отсутствием дефицита влаги, овес — оптимальная культура для формирования устойчивой кормовой базы. [7]

Проблема глобального потепления затронула не только степные регионы планеты, но и более северные широты, куда входит Западная Сибирь. Климатологи отмечают, что лесостепь Сибири, в которой расположена сельскохозяйственная зона, приобрела ярко выраженный континентальный тип климата с резкими перепадами температур и выпадения осадков, частыми почвенными и атмосферными засухами. [18, 19] За последние десять лет только два года были без засухи в период с мая по июль. В 2020, 2021 и 2023 годах со II декады апреля по I июля осадки практически отсутствовали. Такие изменения климата доказывают необходимость пересмотра стратегии сельского хозяйства в Западной Сибири. Использование засухоустойчивых культур (пшеница и ячмень) не даст желаемого результата, так как их продуктивность будет по-прежнему ограничена низким плодородием почв и неблагоприятными погодными условиями в период уборки. Один из способов решения проблемы засухи в регионах с низкоплодородными почвами — создание засухоустойчивых сортов овса. Селекция таких сортов, проводимая с помощью отбора генотипов, обладающих минимальным снижением продуктивности под действием засухи, неэффективна. [17] Элементы продуктивности формируются при взаимодействии генотипа с абиотическими факторами, создавая широкий диапазон урожайности.

Устойчивость к засухе обусловлена многими компонентами реакции растения на клеточном уровне, которые могут проявляться при кратковременном или продолжительном необратимом стрессе. [11] Поэтому для получения засухоустойчивых сортов требуется комплексный отбор, основанный на фенотипе и физиологических реакциях.

Важно учитывать не только урожайность, а целый комплекс показателей, позволяющих оценить степень влияния дефицита воды. Сложность таких

исследований в том, что отбор необходимо вести в строго регулируемых условиях, когда контрольные группы, не испытывающие дефицита влаги, находятся в непосредственной близости к тем вариантам, где полив полностью отсутствует. Это дает возможность в минимально короткие сроки отобрать растительный материал для анализа и обеспечивает понимание изменений, происходящих в клетках растений. Таким образом, индексы засухи, основанные на разнице морфофизиологических показателей, наиболее эффективны в скрининге засухоустойчивых генотипов.

Цель работы — оценка генотипов по комплексу морфофизиологических показателей для выявления перспективных родительских форм в селекции засухоустойчивых сортов овса.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Место проведения эксперимента (2020–2022 годы) — Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Северного Зауралья (г. Тюмень), который расположен в лесостепной зоне Западной Сибири (57°09' N, 65°32' E). Для искусственного создания стресса от почвенной засухи использовали неотапливаемую теплицу. Это полностью исключало попадание воды во время дождя, соблюдался принцип единого различия. Схема опыта предусматривала три варианта. Контроль — овес с момента посева до физиологической зрелости не испытывал дефицита почвенной влаги. Во втором варианте, при появлении признаков кушения полив прекращали, моделируя почвенную засуху в июне. Влажность почвы из-за физического испарения и потребления воды растениями снижалась до 30...35% наименьшей влагоемкости. Через две недели проводили соответствующие измерения и полив возобновляли до конца вегетации. Третий вариант был аналогичен второму, исключение — почвенную засуху создавали в фазе цветения овса. Поливали растения один раз в неделю, поддерживая влажность почвы на уровне 80% наименьшей влагоемкости.

Объект изучения — 40 сортов овса посевного (*Avena sativa* L.), активно эксплуатируемых селекционерами в Западной Сибири, как перспективные родительские формы. В группу вошли два среднепоздних генотипа, три — раннеспелых, десять — среднеранних (табл. 1). Основная часть коллекции была представлена среднеспелыми сортами. За годы исследований сорта не меняли, семенной материал использовали из коллекции НИИСХ Северного Зауралья, выращиваемой на опытном поле. Сортотип чистоту проверяли ежегодно методом биохимического маркирования. [1, 6, 24] Степень влияния стресса от засухи определяли относительно средних показателей. [13]

Таблица 1.

Перечень сортов овса используемых в опыте

Сорт	Разновидность	Группа спелости	Сорт	Разновидность	Группа спелости
Ассоль	<i>mutica</i>	РС	Иртыш 13	<i>mutica</i>	СС
Покровский 9	<i>aristata</i>	РС	Конкур	<i>mutica</i>	СС
Таежник	<i>aurea</i>	РС	КРОСС	<i>mutica</i>	СС
Аватар	<i>aurea</i>	СР	Львовский	<i>mutica</i>	СС
Виленский	<i>mutica</i>	СР	Нарымский 943	<i>mutica</i>	СС
Десант	<i>aristata</i>	СР	Овен	<i>mutica</i>	СС
Мегион	<i>mutica</i>	СР	Орион	<i>mutica</i>	СС
Новосибирский 5	<i>mutica</i>	СР	Передовик	<i>brunnea</i>	СС
Ровесник	<i>obtusata</i>	СР	Песец	<i>mutica, aristata</i>	СС
Улов	<i>mutica</i>	СР	Привет	<i>aurea</i>	СС
Уран	<i>aristata</i>	СР	СИГ	<i>aristata</i>	СС
Черниговский 83	<i>aurea</i>	СР	Талисман	<i>mutica</i>	СС
Чиж	<i>aurea</i>	СР	Тигровый	<i>cinerea</i>	СС
Баргузин	<i>mutica</i>	СС	Тубинский	<i>mutica</i>	СС
Борец	<i>mutica</i>	СС	Факел	<i>aristata</i>	СС
Буланный	<i>mutica</i>	СС	Фауст	<i>mutica</i>	СС
Горизонт	<i>mutica</i>	СС	Экспресс	<i>cinerea</i>	СС
Дедал	<i>mutica, aristata</i>	СС	Юбиляр	<i>mutica</i>	СС
Егорыч	<i>obtusata</i>	СС	Арзумент	<i>aristata</i>	СП
ЗАЛП	<i>mutica, aurea</i>	СС	Львовский 82	<i>mutica</i>	СП

Примечание. РС – раннеспелый; СР – среднеранний; СС – среднеспелый; СП – среднепоздний.

В качестве субстрата для выращивания овса брали землю из пахотного слоя опытного поля института. Почва – серая лесная оподзоленная среднесуглинистая, иловато-пылеватая. Содержание гумуса (ГОСТ 26213-2021) – 3,2%, азота нитратов (ГОСТ 26951-86) – 4,7 мг/кг, подвижного фосфора и обменного калия (ГОСТ Р 54650-2011) – 60 и 90 мг/кг почвы соответственно. Физико-химические свойства соответствовали подтипу серых лесных почв Северного Зауралья. [5, 14] Сумма поглощенных оснований (ГОСТ 27821-2020) – 18,0 ммоль/кг, степень насыщенности – 78% емкости поглощения. Реакция водной вытяжки из почвы – слабокислая ($pH_{\text{водн.}}$ – 5,8...6,0 ед.), $pH_{\text{сол.}}$ – 5,2...5,4 ед., что характеризует почву, как потенциально кислую. Опыт предусматривал фоновое внесение минеральных удобрений ($N_{60}P_{20}$) для получения планируемой урожайности овса до 3,0 т/га. [4] Перемешанный с минеральными удобрениями почвогрунт засыпали в пластиковые контейнеры размером 40×30×20 см, что соответствовало 24 л. За неделю до посева землю в контейнерах постепенно насыщали водой до 80% наименьшей влагоемкости. Избыток влаги стекал через дренажные отверстия. Для полива использовали водопроводную воду с pH – 7,6 и электропроводностью 20,0 мкСм/м. После уплотнения почвогрунта в течение семи суток до равновесного состояния высевали семена по

30 шт. на глубину 7 см. Через неделю подсчитывали количество взошедших растений и проводили первую браковку, через 15 сут. – вторую, добиваясь чтобы в каждом контейнере оставалось 25 хорошо развитых растений. К началу физиологического созревания овса густота стояния составляла 200 шт/м², что соответствовало изреженным посевам. Это было сделано, чтобы скомпенсировать условия ограниченного объема почвы для корней во время развития овса в опыте. Повторение каждого варианта – трехкратное.

В ходе проведения исследований определяли морфофизиологические показатели по следующим формулам.

Относительное содержание воды (Relative Water Content) в листьях овса:

$$RWC(\%) = [(W - DW)/(TW - DW)] \times 100, \quad (1)$$

где W – масса свежих листьев, г (Sample fresh weight); TW – масса набухших листьев, г (Sample turgid weight); DW – масса высушенных листьев, г (Sample dry weight).

Устойчивость к стрессу, вызванному почвенной засухой, оценивали по индексу стабильности клеточных мембран (Membrane Stability Index):

$$MSI = \left[1 - \left(\frac{C_1}{C_2} \right) \right] \times 100, \quad (2)$$

где C_1 – электропроводность раствора после первой инкубации (температура – 45°C; экспозиция – 1 ч); C_2 – электропроводность раствора после второй инкубации (температура – 100°C; экспозиция – 15 мин.).

Содержание протеина (Content of protein) в листьях овса находили спектрометрическим методом по Бредфорду при длине волны 595 нм, хлорофилловый индекс (Chlorophyll Index) – хлорофиллометром (N-тестер) Konica Minolta SPAD-502 (Япония).

При наступлении физиологической спелости зерна, анализировали структуру элементов урожая каждого растения согласно методике государственного сортоиспытания. [9]

Рассчитывали индексы засухоустойчивости (Drought Tolerance Index) и восприимчивости к засухе (Drought Susceptibility Index):

$$DTI = \frac{(Y_{Si} \times (Y_{Si}/Y_{Pi}))}{Y_S}, \quad (3)$$

$$DSI = \frac{1 - (Y_{Si}/Y_{Pi})}{1 - (Y_S/Y_P)}, \quad (4)$$

где Y_{Si} – показатель генотипа в стрессовой ситуации (засуха); Y_{Pi} – показатель генотипа в благоприятных условиях (без засухи); Y_S – среднее значение показателя по коллекции в стрессовой ситуации; Y_P – среднее значение показателя по коллекции в благоприятных условиях.

После усреднения индексов определяли комплексные DTI и DSI для каждого сорта. Далее ранжировали и группировали сорта квартильным методом, выделяя наиболее восприимчивые к за-

сухе и засухоустойчивые генотипы, перспективные для селекционного процесса. Достоверность полученных результатов устанавливали по критерию Фишера при 5% уровне значимости.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Трехлетние опыты по изучению стресса, возникающего в результате почвенной засухи, показали, что овес обладает широким диапазоном изменения морфофизиологических показателей. Растения, испытывавшие такой стресс во время кущения, к фазе полной спелости были на 40% короче относительно контроля (табл. 2). Диапазон варьирования — 11 (сорт *Привет*)...64% (*Тигровый*). Установлено, что засуха в более поздний период (цветение) не оказывает такого существенного влияния. В среднем по коллекции снижение высоты растений было не достоверным, но у сортов *Нарымский 943*, *Факел* и *Ровесник* она достоверно уменьшалась (10...13%) относительно контроля.

Индекс стабильности мембран (MSI) и относительное содержание воды (RWC) в листьях овса показывают степень негативного воздействия почвенной засухи. Их снижение в среднем по коллекции показало, что овес наиболее сильно реагирует на засуху в период кущения — 14 и 10% соответственно. При дефиците почвенной влаги в цветение уменьшение MSI и RWC составило 10% относительно средних значений. Минимальная реакция отмечена у сортов *Улов*, *КРОСС*, *Привет* и *Сиг*. Некоторые генотипы овса (*Егорыч*, *Конкур*, *Черниговский 83*, *Иртыш 13*, *Дедал*) максимально реагировали на засуху в период кущения, но при более позднем ее проявлении — минимально. В этой группе снижение MSI в кущение составило 19...20%, цветение — 10...13% относительно контроля. Аналогичными были изменения относительного содержания воды в листьях.

Хлорофилловый индекс (CI) и содержание протеина (PC), в отличие от MSI и RWC, — результирующие показатели стресса, воздействующего на уровне биохимических реакций в клетке. В среднем по коллекции они уменьшились на 13 и 15% соответственно при ранней почвенной засухе. Были выделены сорта, в которых хлорофилловый индекс снижался на 6...7% — *Сиг*, *КРОСС*, *Чиж*, *Привет* и *Передовик*, но в период цветения недостоверно — 4...5% ($F_{\text{факт}} < F_{\text{теор}}$ при $p = 0,05$).

Сорта, у которых хлорофилловый индекс под действием ранней почвенной засухи снизился более чем на 20%: *ЗАЛП*, *Экспресс*, *Песец*, *Покровский 9*, *Дедал*, *Десант*, *Таежник* и *Борец*. Во время цветения значения CI в этой группе уменьшились на 11...15% относительно контроля.

В ходе исследований установлено, что почвенные засухи уменьшили содержание протеина в вегетирующих частях овса в среднем по коллекции на 14...15%, что указывает на нарушение биохимических циклов синтеза органического вещества. Были выделены сорта (*Ассоль*, *Новосибирский 5*, *Улов*, *КРОСС*, *Факел* и *Сиг*), характеризующиеся минимальным снижением PC (<10%) при воздействии засухи на разных этапах онтогенеза.

Группу сортов, у которых было уменьшение содержания протеина в листьях более 20% отно-

Таблица 2.
Изменение морфофизиологических показателей овса под действием почвенной засухи в разные периоды онтогенеза, 2020–2022 годы

Показатель	Кущение			Цветение		
	Контроль	Засуха	% от контроля	Контроль	Засуха	% от контроля
Высота растений, см	87	52	40	87	85	3*
MSI, ед.	60	52	14	59	53	10
RWC, %	68	60	12	69	62	10
CI, ед.	55	47	13	44	41	8*
PC, %	13,6	11,6	15	12,3	10,6	14
Биомасса, г/м ²	8,4	7,1	15	8,4	6,5	23
Масса 1000 зерен, г	36,9	34,2	7*	36,9	30,1	18
Масса зерна в метелке, г	1,9	1,6	11	1,9	1,2	35
Количество зерен в метелке, шт.	51,7	44,0	15	51,7	43,6	16

Примечание. * — изменения статистически недостоверны ($F_{\text{факт}} < F_{\text{теор}}$ при $p = 0,05$).

сительно контроля составили: *Уран*, *Львовский*, *Буланый*, *Тигровый*, *Экспресс*, *Дедал*, *Нарымский 943*, *Покровский 9*, *Ровесник* и *Борец*. Разброс снижения PC в результате стресса от засухи в фазе цветения у них — 16...23% контроля.

Наиболее наглядно стресс от различных абиотических факторов, в том числе и от почвенной засухи, выражается в продуктивности сельскохозяйственных культур, которая зависит от элементов структуры урожая. [2, 3, 10, 16, 22]

В среднем за годы исследований биомасса одного растения составила 8,4 г (5,1...15,9 г). Под действием почвенной засухи в фазе кущения она уменьшилась на 15% при варьировании от 2 до 26% относительно контроля. Группу с минимальным снижением (<10%) составили генотипы: *Львовский 82*, *Привет*, *Передовик*, *Ассоль*, *Улов*, *Новосибирский 5* и *Сиг*. Они же характеризовались наименьшим стрессом при цветении — их биомасса уменьшилась менее чем на 15% (среднее значение по коллекции — 23%).

Наиболее сильно отреагировали на дефицит почвенной влаги на разных этапах онтогенеза сорта: *Талисман*, *Экспресс*, *Нарымский 943*, *Орион*, *Буланый*, *Тубинский* и *Таежник* (снижение биомассы — более 20%, по сравнению с контролем).

При детальном анализе структуры урожая выявили различие воздействия почвенной засухи в периоды кущения и цветения. Масса 1000 зерен, которая тесно коррелирует с урожайностью в кущение, не изменялась — отклонения были статистически недостоверны. [12, 23] Засуха в кущение достоверно отразилась на массе 1000 зерен сортов *Новосибирский 5*, *Львовский*, *Львовский 82* и *Иртыш 13* — снижение составило 10% и более. Отсутствие существенного уменьшения этого показателя при ранней засухе обусловлено тем, что налив зерна проходил во второй половине вегетации, когда влагообеспеченность растений была достаточной для восстановления физиологических процессов. Аналогичный вывод сделали ученые из Китая. [25] Отток пластических веществ из ассимиляционного

аппарата в зерно не был нарушен, за исключением вышеуказанных генотипов.

Почвенная засуха во время цветения достоверно повлияла на крупность зерна. Масса 1000 зерен уменьшилась на 18% с варьированием от 7 (*Новосибирский 5*) до 32% (*Львовский*), у сортов *Новосибирский 5*, *Привет*, *КРОСС*, *Ассоль*, *Улов*, *Сиг* и *Передовик* — менее чем на 10%.

Сорта наиболее сильно отреагировавшие на дефицит влаги во время кущения (снижение массы 1000 зерен более чем на 20%): *Черниговский 83*, *Овен*, *Мегион*, *Борец*, *Юбиляр*, *Аватар*, *Виленский*, *Нарымский 943*, *Экспресс*, *Тигровый*, *Таежник*, *Покровский 9*, *Буланный*, *Десант* и *Львовский*.

Почвенные засухи на разных этапах онтогенеза овса практически одинаково повлияли на количество зерен в главной метелке, среднее снижение по коллекции — 15...16% относительно контроля, наиболее подверженные — *Факел*, *Нарымский 943*, *Сиг*, *Ровесник* и *Мегион* (снижение — более 20%), наименее — *Привет*, *Новосибирский 5*, *Баргузин* (8%), *Фауст* (11%), *Иртыш 13* (12%), *Передовик* (12%), *ЗАЛП*. У *Горизонта*, *Егорыча*, *Ассоли*, *КРОССа* и *Улова* снижение количества зерен в главной метелке составило более 19%.

Совокупное влияние факторов на урожайность генотипов определяется по массе зерна в метелке, которая коррелирует с озерненностью и крупностью зерен. [21]

Средняя масса зерна метелки в оптимальных условиях (контроль) — 1,9 г (от 0,6 (*Улов*) до 2,7 г (*Аргумент*)). Учитывая, что коллекция росла в оптимальных условиях, можно объяснить высокую вариабельность генетическими особенностями сортов.

В результате стресса, возникшего от почвенной засухи в кущение, масса зерна в метелке в среднем уменьшилась на 11%. Минимальная негативная реакция (10% и менее) была у половины сортов коллекции. Снижение массы зерна в метелке более чем на 15% относительно контроля отмечено у сортов: *Чиж*, *Борец*, *Талисман*, *Дедал*, *Покровский 9*, *Десант* и *Буланный*.

Почвенная засуха во время цветения овса обусловила уменьшение массы зерна в метелке в среднем на 36% относительно варианта с регулярным поливом (контроль) в диапазоне — от 2 (*Львовский 82* и *Передовик*) до 61% (*Тигровый* и *Черниговский 83*), у 80% генотипов — более чем на 20%. Это подтверждает, что овес генетически не способен выдерживать почвенные засухи второй половины вегетации. Однако наличие таких генотипов как *Львовский 82*, *Передовик*, *Факел* дает возможность создания засухоустойчивых сортов овса.

Таким образом, в ходе изучения коллекции сортов овса по морфофизиологическим показателям, нельзя однозначно судить о генетической устойчивости конкретного сорта по одному или нескольким показателям. Для этого необходим комплексный анализ, в котором учитывается как можно больше показателей, полноценно характеризующих генотип. Мы рассчитали индексы восприимчивости к засухе (DSI) и засухоустойчивости овса (DTI) индивидуально по каждому морфометрическому показателю (табл. 2) с последующим усреднением полученных данных (рис. 1, 2, 3-я стр. обл.).

Установлено, что сорта *Привет*, *Передовик*, *Сиг*, *Фауст*, *Новосибирский 5*, *Баргузин*, *Ассоль* наименее зависимы от дефицита почвенной влаги во время кущения ($DSI < 0,83$) и цветения ($DSI < 0,78$) соответственно. У сортов: *КРОСС*, *Виленский* и *Горизонт* при проявлении засухи в более поздний период DSI возрастал, что свидетельствовало о сильном стрессе.

Выделены сорта овса, наиболее восприимчивые к засухе во время кущения и цветения (*Дедал*, *Нарымский 943*, *Песец*, *Львовский*, *Тигровый*, *Экспресс*, *Таежник*, *Буланный*, *Борец*, *Десант*) с индексом более 1,2 ед.

Выявлена сильная положительная корреляция между значениями DSI во время кущения и цветения овса ($r = 0,91$ при $p \leq 0,05$), что дает перспективу создания сортов, обладающих засухоустойчивостью на протяжении всей вегетации.

Расчет DTI для каждого сорта овса с последующим ранжированием подтвердил наличие засухоустойчивых генотипов в коллекции. Средняя величина данного индекса при засухе в кущение и цветение — 0,85. Наименее устойчивые: *Тигровый*, *Черниговский 83*, *Таежник*, *Буланный*, *Борец*, *Дедал*, *Егорыч* и *Экспресс* (менее 0,76). Это подтверждает достоверность ранжирования сортов по DSI.

Группа сортов с низкой толерантностью к засухе во время цветения была почти в два раза больше, в нее дополнительно вошли *Уран*, *Горизонт*, *Аватар*, *Песец*, *Чиж*, *ЗАЛП*, *Покровский 9* и *Улов*.

Сорта с высокой засухоустойчивостью ($DTI \geq 0,94$): *Аргумент*, *КРОСС*, *Баргузин*, *Сиг*, *Фауст*, *Новосибирский 5*, *Привет*, *Передовик* и *Львовский 82* (подтверждается ранее проводимым ранжированием по DSI).

По расчету корреляции Пирсона, связь между морфофизиологическими показателями, которые обычно используют при изучении стресса, вызванного абиотическими факторами, варьирует в широком диапазоне. При засухе в период кущения, корреляция между степенью снижения массы 1000 зерен и морфофизиологическими показателями отсутствовала ($r < 0,20$ при $p > 0,05$). Также ее не было в парах «масса зерна в метелке-RWC» и «количество зерен в метелке-MSI». Степень снижения количества зерен в метелке при засухе во время кущения очень слабо коррелировала с другими показателями состояния растения, но была умеренно связана с индексами восприимчивости к засухе ($r = 0,71$) и засухоустойчивости ($r = 0,63$) при статистической значимости $p = 0,05$. Аналогичная связь была между индексом восприимчивости к засухе (DSI) и показателями: высота растений, относительное содержание воды (RWC) и протеина в листьях овса (PC), биомасса растения. Единственная сильная корреляционная связь установлена между DSI и хлорофилловым индексом — 0,87 при $p = 0,01$. Корреляция Пирсона между DSI и DTI при засухе во время кущения была обратной и умеренной — $r = -0,74$ при $p \leq 0,05$ (табл. 3).

Расчет корреляции показателей, полученных во время почвенной засухи при цветении овса, выявил отсутствие связи между индексами восприимчивости к засухе (DSI), засухоустойчивости (DTI) и морфофизиологическими показателями (табл. 4). Исключение составили пары: «DSI-высота расте-

Таблица 3.

Корреляция между степенью снижения морфофизиологических показателей и индексов под действием засухи во время кущения

Показатель	Высота растения	MSI	RWC	CI	PC	Биомасса растения	Масса 1000 зерен	Масса зерен в метелке	Количество зерен в метелке	DSI
Индекс стабильности мембран (MSI)		1,00								
Относительное содержание воды (RWC)	0,54	0,23	1,00							
Хлорофилловый индекс (CI)	0,62	0,49	0,56	1,00						
Содержание протеина (PC)	0,45	0,43	0,58	0,71	1,00					
Биомасса растения	0,52	0,44	0,24	0,65	0,48	1,00				
Масса 1000 зерен	0,06	0,06	0,12	-0,08	0,05	-0,28	1,00			
Масса зерна в метелке	0,22	0,31	0,20	0,56	0,36	0,54	-0,24	1,00		
Количество зерен в метелке	0,39	0,13	0,30	0,31	0,35	0,38	-0,14	0,19	1,00	
DSI	0,73	0,54	0,70	0,87	0,70	0,71	-0,01	0,66	0,35	1,00
DTI	-0,50	-0,39	-0,36	-0,66	-0,46	-0,63	0,54	-0,61	-0,32	-0,74
Шкала Е.П. Голубкова для коэффициента корреляции Пирсона (по модулю)										
0,00...0,20 отсутствует		0,21...0,40 очень слабая		0,41...0,60 слабая		0,61...0,80 умеренная		>0,80 сильная		

Таблица 4.

Корреляция между степенью снижения морфофизиологических показателей и индексов под действием засухи во время цветения

Показатель	Высота растения	MSI	RWC	CI	PC	Биомасса растения	Масса 1000 зерен	Масса зерна в метелке	Количество зерен в метелке	DSI
Индекс стабильности мембран (MSI)	0,18	1,00								
Относительное содержание воды (RWC)	0,13	0,66	1,00							
Хлорофилловый индекс (CI)	0,37	0,70	0,66	1,00						
Содержание протеина (PC)	0,31	0,73	0,62	0,76	1,00					
Биомасса растения	0,07	0,75	0,66	0,53	0,52	1,00				
Масса 1000 зерен	0,09	0,81	0,76	0,60	0,61	0,86	1,00			
Масса зерна в метелке	0,03	0,48	0,20	0,27	0,34	0,48	0,39	1,00		
Количество зерен в метелке	-0,09	0,00	-0,04	-0,06	-0,08	0,03	-0,05	0,24	1,00	
DSI	0,24	-0,07	-0,14	0,05	-0,02	-0,03	-0,02	-0,05	0,14	1,00
DTI	0,29	-0,07	-0,14	0,09	-0,02	-0,05	-0,02	-0,08	0,06	0,97
Шкала Е.П. Голубкова для коэффициента корреляции Пирсона (по модулю)										
0,00...0,20 отсутствует		0,21...0,40 очень слабая		0,41...0,60 слабая		0,61...0,80 умеренная		>0,80 сильная		

ний» и «DTI-высота растений», у которых коэффициент корреляции был равен 0,24 и 0,29, что соответствовало очень слабой связи при статистической значимости ($p = 0,05$). Однако корреляция между морфофизиологическими показателями была выше относительно варианта, где почвенную засуху моделировали в кущение овса. Максимальный коэффициент корреляции отмечен у степени снижения индекса стабильности мембраны (MSI) и относительного содержания воды в листьях растений (RWC) с другими показателями.

Следует отметить сильную корреляцию ($r > 0,80$) у массы 1000 зерен с MSI и биомассой растения, что обуславливает целесообразность обязательного использования индекса стабильности мембран в качестве индикатора продуктивности растений при различных стрессах, вызванных абиотическими факторами.

По результатам кластерного анализа установили, что изучаемая коллекция овса по комплексу показателей делится на четыре группы. I группу из девяти генотипов сформировали сорта, наиболее восприимчивые к засухе на всех стадиях онтогенеза.

Сорта II группы минимально отличаются от I по характеру устойчивости к засухе. Таким образом, они не подходят для включения в селекционный процесс на засухоустойчивость.

Наибольший интерес представляет IV группа, сорта которой в максимальной степени отдалены от других генотипов (рис. 3). В нее входят сорта с высокой степенью засухоустойчивости на всех фазах развития (*Ассоль*, *Новосибирский 5*, *КРОСС*, *Фауст*, *Горизонт*, *Уран*, *Чиж*, *Передовик*, *Привет*, *Сиг* и *Улов*).

К перспективным для селекции можно отнести сорта, входящие в III группу, так как они наиболее приближены к засухоустойчивым генотипам. Однако их устойчивость проявляется только в отдельные фазы онтогенеза.

Выводы. По обобщенным результатам комплексной оценки морфофизиологических показателей, а также индексов восприимчивости к засухе и засухоустойчивости среди изучаемых генотипов овса определены и рекомендованы для использования в селекционных программах в качестве генетических источников с высокой устойчивостью к почвенной засухе в период кущения и цветения

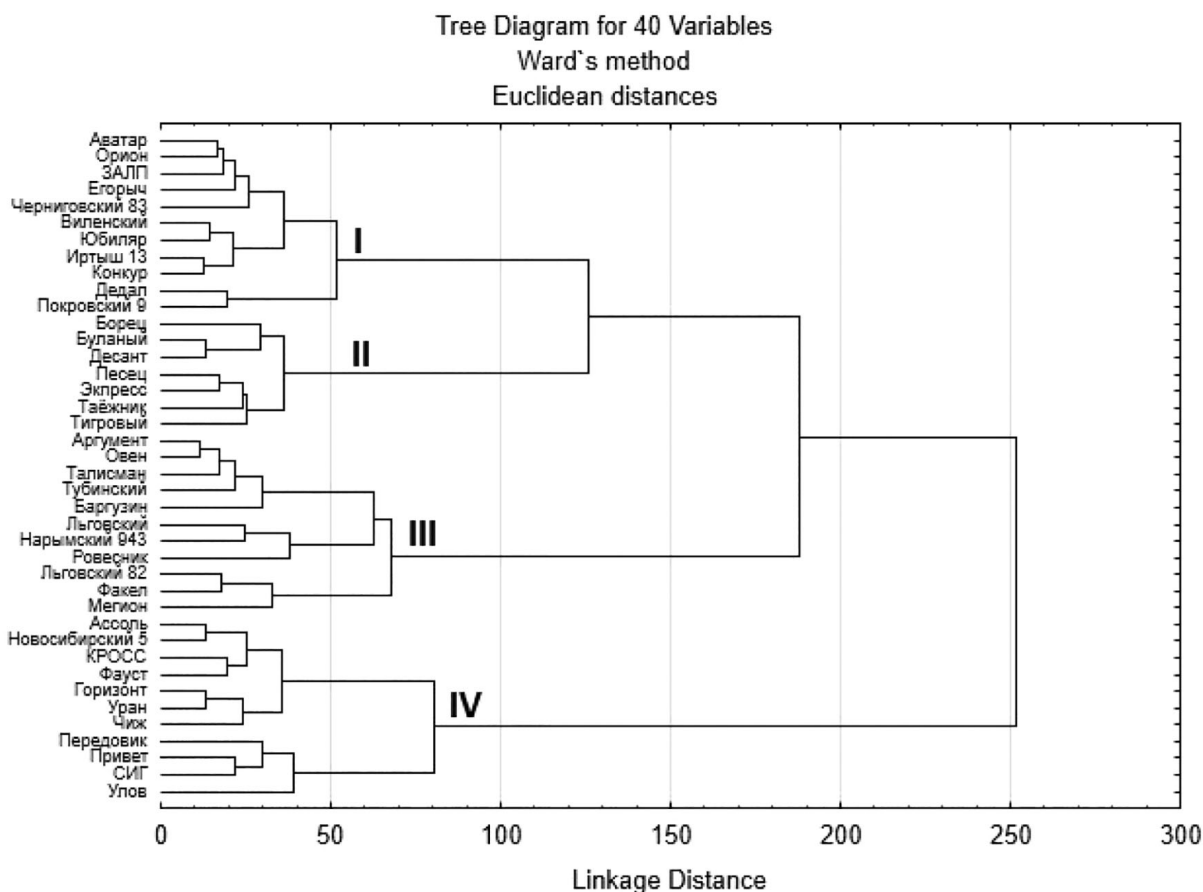


Рис. 3. Кластеризация сортов овса по комплексу показателей устойчивости к засухе в периоды кущения и цветения (Statistica 10).

сорта отечественной селекции: *Ассоль*, *Новосибирский 5*, *КРОСС*, *Фауст*, *Горизонт*, *Уран*, *Чиж*, *Передовик*, *Привет*, *Сиг* и *Улов*. Рекомендуется при разработке модели сорта применять индекс стабильности мембраны и относительное содержание воды в листьях овса. Эти показатели характеризуются высокой корреляцией между элементами структуры урожая, DSI и DTI – $r > 0,5$ при $p = 0,05$.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Асеева Т.А., Трифунтова И.Б. Агрономическая стабильность сортов и линий овса Дальневосточной селекции в условиях Среднего Приамурья // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2021. № 91. С. 12–17. DOI: 10.21515/1999-1703-91-12-17. EDN: YOZLIN
- Барковская Т.А., Гладышева О. В. Влияние кущения на урожайность яровой пшеницы в различных агрометеословиях // Зерновое хозяйство России. 2021. № 5 (77). С. 57–62. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-77-5-57-62. EDN: DRMMKN.
- Вологжанина Е.Н., Баталова Г.А. Урожайность и адаптивные свойства сортов пленчатого овса в Волго-Вятском регионе // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2019. № 3 (173). С. 31–36. EDN: IHVLR.
- Еремин Д.И., Моисеева М.Н., Еремина Д.В. Урожай и качество зерна овса при различном уровне минерального питания // Достижения науки и техники АПК. 2022. Т. 36. № 9. С. 48–54. DOI: 10.53859/02352451_2022_36_9_48. EDN: TFFMQS
- Каюгина С.М., Еремин Д.И. Физико-химические свойства серых лесных почв восточной окраины Зауральяского Плато // Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Биология. 2022. Т. 15. № 4. С. 471–490. DOI: 10.17516/1997-1389-0399. EDN: YOCLPO.
- Любимова А.В., Еремин Д.И., Мамаева В.С. и др. Каталог биохимических паспортов сортов овса посевного сибирской селекции // Вестник КрасГАУ. 2022. № 5 (182). С. 73–83. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-5-73-83. EDN: RTYWDM.
- Любимова А.В., Мамаева В.С., Менщикова А.А. Генетическая засухоустойчивость современных сортов овса посевного как ответ глобальному изменению климата // Аграрный вестник Урала. 2022. № 6 (221). С. 49–59. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-221-06-49-59.
- Любимова А.В., Иваненко А.С. Овес в Тюменской области // Тюмень: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральное исследовательский центр Тюменский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук, 2021. 172 с. ISBN 978-5-4266-0203-8. EDN: ARNENM.
- Методика Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур / Вып. 1. Общая часть. М.: ФГБУ «Госсорткомиссия», 2019. 329 с.
- Митрофанов Д.В., Кафтан Ю.В., Скороходов В.Ю., Зоров А.А. Влияние погодных условий центральной зоны Оренбургской области, влажности почвы, фона питания и предшественников в севооборотах на урожайность зерна ячменя // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2023.

- Т. 16. № 2 (77). С. 24–35. DOI: 10.53914/issn2071-2243_2023_2_24. EDN CDXFNE.
11. Пакуль В.Н., Козыренко М.А., Андросов Д.Е. Оценка засухоустойчивости сортов ярового овса в условиях лесостепи Западной Сибири // Международный научно-исследовательский журнал. 2016. № 9-3 (51). С. 129–132. DOI: 10.18454/IRJ.2016.51.093. EDN: WLVDDB.
 12. Полонский В.И., Сумина А.В., Герасимов С.А., Количенко А.А. Повышенная стабильность образцов овса, ячменя и пшеницы по массе 1000 зерен не связана с меньшей крупностью зерна // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2023. Т. 184. № 2. С. 52–65. DOI: 10.30901/2227-8834-2023-2-52-65. EDN: NTDCOV.
 13. Сайфуллин Р.Г., Лобачев Ю.В., Бекетова Г.А. и др. Подбор сортов-стандартов для полевых опытов Госсортсе-ти // Международный журнал прикладных и фунда-ментальных исследований. 2014. № 6. С. 33–34. URL: <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=5158> (дата обращения: 26.06.2023).
 14. Сорокина О.А. Оценка трансформации плодородия серых почв по степени гумусированности // Вестник КрасГАУ. 2018. № 3 (138). С. 240–246. EDN: XSFVHV.
 15. Тютюма Н.В., Айтпаева А.А. Перспективы развития полевого кормопроизводства в засушливых условиях Астраханской области на основе внедрения длинно-ротационных кормовых севооборотов и конвейерно-го производства кормов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее про-фессиональное образование. 2022. № 3 (67). – С. 24–32. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-02. EDN: LNNEPB.
 16. Фомина М.Н., Брагин Н.А. Влияние элементов тех-нологии на реализацию биологического ресурса у со-ртов овса нового поколения в зоне северной лесостепи Тюменской области // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34. № 3. С. 22–25. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10304. EDN: CLSUOU.
 17. Фомина М.Н., Иванова Ю.С., Брагин Н.А., Браги-на М.В. Качество зерна перспективных линий овса на заключительном этапе селекционного процесса в условиях Северного Зауралья // Достижения на-уки и техники АПК. 2023. Т. 37. № 3. С. 34–38. DOI: 10.53859/02352451_2023_37_3_34. EDN: JKBBVK.
 18. Харюткина Е.В., Логинов С.В., Морару Е.И. и др. Динамика характеристик экстремальности климата и тенденции опасных метеорологических явлений на территории Западной Сибири // Оптика атмосфе-ры и океана. 2022. Т. 35. № 2 (397). С. 136–142. DOI: 10.15372/AOO20220208. EDN: PRRHZF.
 19. Шепелев С.С., Потоцкая И.В., Чурсин А.С. и др. Мар-кер-ориентированная селекция яровой мягкой пше-ницы на повышение урожайности, качества зерна, устойчивости к болезням и засухе в условиях Запад-ной Сибири // Зерновое хозяйство России. 2023. Т. 15. № 2. С. 18–25. DOI: 10.31367/2079-8725-2023-85-2-18-25. EDN: XTYMEV.
 20. Юсова О.А., Николаев П.Н., Аниськов Н.И., Сафо-нова И.В. Скрининг сортов овса омской селекции для условий южной лесостепи Западной Сибири // Вест-ник Российского университета дружбы народов. Се-рия: Агрономия и животноводство. 2021. Т. 16. № 1. С. 42–53. DOI: 10.22363/2312-797X-2021-16-1-42-53. EDN: NKNZQB.
 21. Юсова О.А., Николаев П.Н., Сафонова И.В., Анись-ков Н.И. Изменение урожайности и качества зерна овса с повышением адаптивности сортов // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2020. Т. 181. № 2. С. 42–49. – DOI: 10.30901/2227-8834-2020-2-42-49. EDN: KAWUZR.
 22. Ященко С.Н., Логинов Ю.П., Казак А.А. Структурные элементы семян сортов пшеницы в зависимости от сроков сева и норм высева в Северной лесостепи Тю-менской области // Вестник КрасГАУ. 2022. № 9 (186). С. 55–66. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-9-55-66. EDN: NEETKL.
 23. Akhtyamova A., Menshikova A., Lyubimova A., Eremin D. Weight of 1000 grains as a factor for assessing the adaptive potential of the oat gene pool used in the breeding of Western Siberia // AIP Conference Proceedings 2777, 020031 (2023) <https://doi.org/10.1063/5.0140362> (https://www.research-gate.net/publication/371549044_Weight_of_1000_grains_as_a_factor_for_assessing_the_adaptive_potential_of_the_oat_gene_pool_used_in_the_breeding_of_Western_Siberia)
 24. Lyubimova A.V., Eremin D.I. Prolamin electrophoresis method for assessing the varietal qualities of oat seeds // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: 12th International Scientific Conference on Agricultural Machinery Industry, INTERAGROMASH 2019, Rostov-on-Don, 10–13 сентября 2019 года. Vol. 403. Rostov-on-Don: Institute of Physics Publishing, 2019. P. 012178. DOI: 10.1088/1755-1315/403/1/012178. EDN: LTWCWG.
 25. Zhang X., Liu W., Lv Y. et al. Effects of drought stress dur- ing critical periods on the photosynthetic characteristics and production performance of Naked oat (*Avena nuda* L.). Sci Rep 12. 11199 (2022). <https://doi.org/10.1038/s41598-022-15322-3>.

REFERENCES

1. Aseeva T.A., Trifuntova I.B. Agronomicheskaya stabil'nost' sortov i linij ovsa Dal'nevostochnoj selekcii v usloviyah Srednego Priamur'ya // Trudy Kubanskogo gosudarstven- nogo agrarnogo universiteta. 2021. № 91. S. 12–17. DOI: 10.21515/1999-1703-91-12-17. EDN: YOZLIN
2. Barkovskaya T.A., Gladysheva O. V. Vliyaniye kushcheniya na urozhajnost' yarovoj pshenicy v razlichnyh agromete- ousloviyah // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2021. № 5 (77). S. 57–62. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-77-5-57-62. EDN: DRMMKN.
3. Vologzhanina E.N., Batalova G.A. Urozhajnost' i adap- tivnye svojstva sortov plenchatogo ovsa v Volgo-Vyatskom regione // Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2019. № 3 (173). S. 31–36. EDN: IHVLJR.
4. Eremin D.I., Moiseeva M.N., Eremina D.V. Urozhaj i kachestvo zerna ovsa pri razlichnom urovne mineral'nogo pitaniya // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2022. Т. 36. № 9. S. 48–54. DOI: 10.53859/02352451_2022_36_9_48. EDN: TFFMQS
5. Kayugina S.M., Eremin D.I. Fiziko-himicheskie svo- jstva seryh lesnyh pochv vostochnoj okrainy Zaural'skogo Plato // Zhurnal Sibirskogo federal'nogo universiteta. Seriya: Biologiya. 2022. Т. 15. № 4. S. 471–490. DOI: 10.17516/1997-1389-0399. EDN: YOCLPO.
6. Lyubimova A.V., Eremin D.I., Mamaeva V.S. i dr. Katalog biohimicheskikh pasportov sortov ovsa posevnogo sibirskoj selekcii // Vestnik KrasGAU. 2022. № 5 (182). S. 73–83. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-5-73-83. EDN: RTY- WDM.
7. Lyubimova A.V., Mamaeva V.S., Menshchikova A.A. Ge- neticheskaya zasuhoustojchivost' sovremennyh sortov ovsa posevnogo kak otvet global'nomu izmeneniyu klimata //

- Agrarnyj vestnik Urala. 2022. № 6 (221). S. 49–59. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-221-06-49-59.
8. Lyubimova A.V., Ivanenko A.S. Oves v Tyumenskoj oblasti // Tyumen': Federal'noe gosudarstvennoe byudzhetnoe uchrezhdenie nauki Federal'nyj issledovatel'skij centr Tyumenskij nauchnyj centr Sibirskogo otdeleniya Rossijskoj akademii nauk, 2021. 172 s. ISBN 978-5-4266-0203-8. EDN: ARNENM.
 9. Metodika Gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skohozyajstvennykh kul'tur / Vyp. 1. Obshchaya chast'. M.: FGBU «Gosortkomisiya», 2019. 329 s.
 10. Mitrofanov D.V., Kaftan Yu.V., Skorohodov V.Yu., Zorov A.A. Vliyaniye pogodnykh uslovij central'noj zony Orenburgskoj oblasti, vlazhnosti pochvy, fona pitaniya i predshestvennikov v sevooborotah na urozhajnost' zerna yachmenya // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2023. T. 16. № 2(77). S. 24–35. DOI: 10.53914/issn2071-2243_2023_2_24. EDN: CDXFNE.
 11. Pakul' V.N., Kozyrenko M.A., Androsov D.E. Ocenka zasuhoustojchivosti sortov yarovogo ovsy v usloviyakh lesostepi Zapadnoj Sibiri // Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal. 2016. № 9-3 (51). S. 129–132. DOI: 10.18454/IRJ.2016.51.093. EDN: WLVDDB.
 12. Polonskij V.I., Sumina A.V., Gerasimov S.A., Koliichenko A.A. Povyshennaya stabil'nost' obrazcov ovsy, yachmenya i pshenicy po masse 1000 zeren ne svyazana s men'shej krupnost'yu zerna // Trudy po prikladnoj botanike, genetike i selekcii. 2023. T. 184. № 2. S. 52–65. DOI: 10.30901/2227-8834-2023-2-52-65. EDN: NTDCOV.
 13. Sajfullin R.G., Lobachev Yu.V., Beketova G.A. i dr. Podbor sortov-standartov dlya polevykh opytov Gossortseti // Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy. 2014. № 6. S. 33–34. URL: <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=5158> (data obrashcheniya: 26.06.2023).
 14. Sorokina O.A. Ocenka transformacii plodorodiya serykh pochv po stepeni gumusirovannosti // Vestnik KrasGAU. 2018. № 3 (138). S. 240–246. EDN: XSFVHV.
 15. Tyutyuma N.V., Ajtpaeva A.A. Perspektivy razvitiya polevogo kormoproizvodstva v zasushlivykh usloviyakh Astrahanskoy oblasti na osnove vnedreniya dlinno-rotatsionnykh kormovykh sevooborotov i konveyernogo proizvodstva kormov // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2022. № 3 (67). — S. 24–32. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-02. EDN: LNNEPB.
 16. Fomina M.N., Bragin N.A. Vliyaniye elementov tekhnologii na realizatsiyu biologicheskogo resursa u sortov ovsy novogo pokoleniya v zone severnoj lesostepi Tyumenskoj oblasti // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2020. T. 34. № 3. S. 22–25. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10304. EDN: CLSUOU.
 17. Fomina M.N., Ivanova Yu.S., Bragin N.A., Bragina M.V. Kachestvo zerna perspektivnykh linij ovsy na zaklyuchitel'nom etape selekcionnogo processa v usloviyakh Severnogo Zaural'ya // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2023. T. 37. № 3. S. 34–38. DOI: 10.53859/02352451_2023_37_3_34. EDN: JKBBVK.
 18. Haryutkina E.V., Loginov S.V., Moraru E.I. i dr. Dinamika harakteristik ekstremal'nosti klimata i tendencii opasnykh meteorologicheskikh yavlenij na territorii Zapadnoj Sibiri // Optika atmosfery i okeana. 2022. T. 35. № 2(397). S. 136–142. DOI: 10.15372/AOO20220208. EDN: PRRHZF.
 19. Shepelev S.S., Potockaya I.V., Chursin A.S. i dr. Marker-orientirovannaya selekciya yarovoj myagkoj pshenicy na povysheniye urozhajnosti, kachestva zerna, ustojchivosti k bolezniam i zasuhe v usloviyakh Zapadnoj Sibiri // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2023. T. 15. № 2. S. 18–25. DOI: 10.31367/2079-8725-2023-85-2-18-25. EDN: XTYMEV.
 20. Yusova O.A., Nikolaev P.N., Anis'kov N.I., Safonova I.V. Skrining sortov ovsy omskoj selekcii dlya uslovij yuzhnoj lesostepi Zapadnoj Sibiri // Vestnik Rossijskogo universiteta družby narodov. Seriya: Agronomiya i zhivotnovodstvo. 2021. T. 16. № 1. S. 42–53. DOI: 10.22363/2312-797X-2021-16-1-42-53. EDN: NKNZQB.
 21. Yusova O.A., Nikolaev P.N., Safonova I.V., Anis'kov N.I. Izmeneniye urozhajnosti i kachestva zerna ovsy s povysheniem adaptivnosti sortov // Trudy po prikladnoj botanike, genetike i selekcii. 2020. T. 181. № 2. S. 42–49. — DOI: 10.30901/2227-8834-2020-2-42-49. EDN: KAWUZR.
 22. Yashchenko S.N., Loginov Yu.P., Kazak A.A. Strukturnye elementy semyan sortov pshenicy v zavisimosti ot srokov seva i norm vyseva v Severnoj lesostepi Tyumenskoj oblasti // Vestnik KrasGAU. 2022. № 9 (186). S. 55–66. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-9-55-66. EDN: NEETKL.
 23. Akhtyamova A., Menshikova A., Lyubimova A., Eremin D. Weight of 1000 grains as a factor for assessing the adaptive potential of the oat gene pool used in the breeding of Western Siberia // AIP Conference Proceedings 2777, 020031 (2023) <https://doi.org/10.1063/5.0140362> (https://www.researchgate.net/publication/371549044_Weight_of_1000_grains_as_a_factor_for_assessing_the_adaptive_potential_of_the_oat_gene_pool_used_in_the_breeding_of_Western_Siberia
 24. Lyubimova A.V., Eremin D.I. Prolamin electrophoresis method for assessing the varietal qualities of oat seeds // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: 12th International Scientific Conference on Agricultural Machinery Industry, INTERAGROMASH 2019, Rostov-on-Don, 10–13 sentyabrya 2019 goda. Vol. 403. Rostov-on-Don: Institute of Physics Publishing, 2019. P. 012178. DOI: 10.1088/1755-1315/403/1/012178. EDN: LTWCWG.
 25. Zhang X., Liu W., Lv Y. et al. Effects of drought stress during critical periods on the photosynthetic characteristics and production performance of Naked oat (*Avena nuda* L.). Sci Rep 12. 11199 (2022). <https://doi.org/10.1038/s41598-022-15322-3>.

Поступила в редакцию 28.09.2023
Принята к публикации 12.10.2023