

РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОТЕИНОВОГО ПОТЕНЦИАЛА ПЛЁНЧАТЫХ ГЕНОТИПОВ ОВСА РОССИЙСКОЙ СЕЛЕКЦИИ В ЗАУРАЛЬЕ

Д.И. Еремин, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории геномных исследований в растениеводстве, soil-tyumen@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-3672-6060;

А.В. Любимова, кандидат биологических наук, заведующая лабораторией геномных исследований в растениеводстве, ostapenkoav88@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-1570-9595;

А.А. Ахтямова, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории геномных исследований в растениеводстве, gen.i72@mail.ru, ORCID: 0000-0003-0297-6958;

Ю.В. Савельева, младший научный сотрудник лаборатории геномных исследований в растениеводстве, savelyeva25@mail.ru, ORCID: 0009-0002-8445-3754.

НИИСХ СЗ – филиал ТюмНЦ СО РАН, 625501, РФ, Тюменская область, Тюменский район, п. Московский, ул. Бурлаки, д. 2.

Одним из главных приоритетов в селекции овса является протеиновый потенциал, который определяется процентным содержанием белка в зерне и сбором с единицы площади. Целью исследований являлась оценка коллекции плёнчатых форм овса отечественной селекции и выделение генотипов, обладающих высоким протеиновым потенциалом в условиях лесостепи Зауралья. Работу проводили в 2022-2024 гг. на опытном участке лаборатории геномных исследований в растениеводстве Научно-исследовательского института сельского хозяйства Северного Зауралья – филиала Тюменского научного центра сибирского отделения Российской академии наук. Изучение проводили 158 плёнчатых генотипов овса из 25 регионов Российской Федерации. Наиболее представительной была группа генотипов, выведенная в селекционных центрах Кировской (20 шт.) и Ленинградской (35 шт.) областей. Содержание сырого протеина определяли путем умножения общего азота в зерне на коэффициент 6,25. Годы исследований характеризовались как контрастные по погодным условиям. В результате проведенных исследований был выделен ряд генотипов, обладающих очень высоким протеиновым потенциалом и стабильными показателями. В эту группу вошли: Отрада, Тулунский 30, Тарский 2, Гибрид; (15021); БАДЕН 1; Позднеспелый; Гибрид (к-15022); Валдин 765; ХАНОМИ 2; Горизонт; РАПЕН; Северянин; Кубанский; Овен; ХАНОМИ; Догой; Местный (1733); Покровский 9; ХАНАМИ; Местный (1461); Местный (1539); ПИОБАНД; 94h18. Установлено, что содержание протеина в зерне плёнчатого овса на 22 % зависит от погодных условий вегетации и на 65% контролируется генетически. Характер накопления белка в контрастных условиях может быть использован как критерий стрессоустойчивости, вызванный абиотическими факторами. Плёнчатость зерна овса на 56 % зависит от генотипа и на 28% - от внешних условий. Указанные генотипы можно рекомендовать как перспективный материал для включения в селекционные программы по созданию сортов овса с высоким протеиновым потенциалом.

Ключевые слова: протеиновый потенциал, плёнчатый овес, урожайность, реакция на погодные условия, высокобелковые генотипы овса.

Для цитирования: Еремин Д.И., Любимова А.В., Ахтямова А.А., Савельева Ю.С. Реализация протеинового потенциала плёнчатых генотипов овса Российской селекции в Зауралье // Зерновое хозяйство России. 2026. Т.18, №2. С. 20-29. DOI: 10.31367/2079-8725-2026-103-2-20-29



THE USE OF PROTEIN POTENTIAL OF RUSSIAN HULLED OAT GENOTYPES IN THE TRANS-URALS

D.I. Eremin, Doctor of Biological Sciences, leading researcher of the laboratory for genomic research in plant production, soil-tyumen@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-3672-6060;

A.V. Lyubimova, Candidate of Biological Sciences, head of the laboratory for genomic research in plant production, ostapenkoav88@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-1570-9595;

A.A. Akhtyamova, Candidate of Agricultural Sciences, senior researcher of the laboratory for genomic research in plant production, gen.i72@mail.ru, ORCID: 0000-0003-0297-6958;

Yu.V. Savelyeva, junior researcher of the laboratory for genomic research in plant production, savelyeva25@mail.ru, ORCID: 0009-0002-8445-3754.

*SRIA for Northern Trans-Urals - Branch of Tyumen SC SB RAS
625501, Russia, Tyumen region, Moskovsky, Burlaki Str., 2*

One of the main priorities in oat breeding is protein potential, which is determined by protein percentage in grain and yield per an area unit. The purpose of the current study was to estimate a collection of hulled oat varieties of domestic

breeding and to identify genotypes with high protein potential in the forest-steppe of the Trans-Urals. The study was conducted at the experimental plot of the laboratory for genomic research in plant production at the Scientific Research Institute of Agriculture for Northern Trans-Urals - Branch of the Tyumen Scientific Center of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences from 2022 to 2024. There have been studied 158 hulled oat genotypes from 25 regions of the Russian Federation. The most representative group of genotypes was developed at breeding centers in the Kirov (20) and Leningrad (35) regions. Crude protein percentage was estimated by multiplying the total nitrogen content in grain by a coefficient of 6.25. The years of study were characterized by contrasting weather conditions. As a result, there has been identified a number of genotypes with a very high protein potential and stable indicators. This group included the genotypes Otrada, Tulunskiy 30, Tarskiy 2, Gibrid (15021), BADEN 1, Pozdnespely, Gibrid (15022), Valdin 765, KHANOMI 2, Gorizont, RAPEN, Severyanin, Kubansky, Oven, KHANOMI, Dogoy, Mestny (1733), Pokrovsky 9, KHANAMI, Mestny (1461), Mestny (1539), PIOBAND, 94h18. There has been established that protein in hulled oat grain is 22% dependent on weather conditions during a vegetation period, and 65% is genetically controlled. The pattern of protein accumulation under contrasting weather conditions can be used as a criterion for stress resistance caused by abiotic factors. Hull content of oat grain is 56% genotype-dependent and 28% environmental-dependent. These genotypes can be recommended as promising material for breeding programs to develop oat varieties with high protein potential.

Keywords: *protein potential, hulled oats, productivity, response to weather conditions, high-protein oat genotypes.*

Введение. Овёс относят к многофункциональным зерновым культурам. Научкой и практикой доказана эффективность его использования на зеленый корм, сено и сенаж. В конце XX века роль овса как зернофуражной культуры заметно снизилась – причиной этого была разработанная технология изготовления премиксов и комбикормов с заданным составом питательных веществ. Однако уже в начале XXI в. сельское хозяйство вновь проявило интерес к овсу. Этому способствовало глубокое изучение биохимического состава зерна, показавшее его уникальный протеиновый и аминокислотный состав, оптимальный для кормления животных и питания человека (Zhen Yang et al., 2023).

Ценность зерна обычно представлена наличием трех главных веществ: протеина, крахмала и масла. Как показали ранее проведенные исследования, стратегия регулирования каждого из перечисленных веществ в зерне определяется индивидуально. Так содержание масла в зерне овса – признак, который в большей степени определяется генетикой сорта (Еремин и Любимова, 2024), а содержание крахмала – погодными условиями в период налива и созревания зерна (Wang et al., 2025).

Протеиновый потенциал сорта определяется не только генотипом, но и является реакцией на внешние условия в период вегетации овса (Сапега, 2025). Исследования последних лет, прошедшие в разных природно-климатических зонах России и ряде других стран, показали, что содержание протеина в зерне одного и того же сорта существенно отличается (Shvachko et al., 2021). Кроме того, многолетний высеv коллекций генотипов овса показал существенный диапазон варьирования содержания протеина в зерне в разные годы. Молекулярно-генетические и биохимические исследования подтвердили, что протеиновый потенциал – показатель, который определяется процентным содержанием белка в зерне и сбором с единицы площади. Содержание белка и его состав – признак, который имеет полигенный тип наследования (Gil-González et al., 2024). Экспрессия генов, отвечающих за накопление белка в зерне тесно связана с внешними факторами и элементами технологии возделывания культуры. Генотипы, которые выделяются высоким содержанием белка в зерне независимо от погодных условий, являются перспективными для селекции и могут быть использованы при углубленном

изучении аминокислотного состава для разработки биохимических маркеров. Наибольшую ценность в таких исследованиях представляют данные, полученные в контрастных условиях.

Плёнчатые сорта овса, по утверждению ряда исследователей, характеризуются меньшим содержанием сырого протеина в зерне относительно голозерных форм (Иванова и др. 2024). Однако биохимический анализ очищенных от оболочки зерновок показал, что часть плёнчатых сортов характеризуется более высоким содержанием протеина, превышающим показатели голозерного овса (Biel et al., 2014). Один из факторов, усиливающих вариабельность содержания белка в зерне овса – плёнчатость, которая обуславливается генетически, но ее проявление представляет собой реакцию на внешние условия во время вегетации растения (Полонский и Сумина, 2023). Данный показатель варьирует в широком диапазоне – от 20 до 60%, что отражается на белковой продуктивности плёнчатого овса (Кротова и Баталова, 2023).

Целью наших исследований было изучение протеинового потенциала плёнчатого овса отечественной селекции для определения высокобелковых генотипов в условиях Северного Зауралья.

Материалы и методы исследований.

Исследования проводили на опытном поле НИИСХ Северного Зауралья – филиала Тюменского НЦ СО РАН, которое расположено вблизи пос. Московский Тюменского района. Почва опытного участка идентифицирована как тёмно-серая лесная осолодевая. По гранулометрическому составу отнесена к среднесуглинистой разновидности. Почва характеризуется типичными морфологическими признаками и свойствами для северной лесостепи Западной Сибири. Степень насыщенности основаниями в пахотном слое составляет 85% от ёмкости катионного обмена. Актуальная и гидролитическая кислотность оптимальна для выращивания сельскохозяйственных культур – 6,0-6,2 ед. и 5,5-5,8 мг-экв./100 г почвы. В пахотном слое (0-30 см) содержится 6,2-6,7% гумуса (ГОСТ 23740-2016). Определение по Тюрину в модификации ЦИНАО, что соответствует 240-260 т/га и приближает данный участок к старопашотным черноземам Зауралья (Демин и др., 2024). Содержание нитратного азота (ГОСТ 26951-2025) перед посевом овса варьировало от 6 до 8 мг/кг почвы, что соответствовало низкой обеспеченности. В летний

период содержание нитратов достигало 15-18 мг/кг (средняя обеспеченность). Фосфорно-калийное состояние опытного участка было оптимальным для роста и развития овса. Содержание подвижного фосфора (ГОСТ 26204-91) изменялось в пределах от 50 до 75 мг/кг и соответствовало средней обеспеченности. Содержание доступного для растений калия (ГОСТ 26204-91) в пахотном слое достигало 100-120 мг/кг, что полностью обеспечивало растения на протяжении всей вегетации.

Протеиновый потенциал плёнчатого овса изучали в рамках научно-исследовательской работы лаборатории геномных исследований в растениеводстве. Для изучения протеиновой реакции на погодные условия были выбраны 158 плёнчатых сортов отечественной селекции происхождением из 25 регионов. Образцы зерна были предоставлены Всероссийским институтом генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР), а также оригинаторами этих сортов. Это обеспечило максимальный географический охват и позволило выявить перспективные генотипы для включения в селекционные программы по созданию высокобелковых сортов для Западной Сибири. Сортотип чистоту каждого генотипа идентифицировали по запасным белкам методом нативного электрофореза (Lyubimova, 2024). Сравнение генотипов овса проводили относительно средних по коллекции значений и показателей сорта Отрада, который используется в качестве стандарта в государственных сортоиспытаниях по Тюменской области.

Коллекцию овса высевали с соблюдением севооборота: пар занятый – яровая пшеница – овёс, который был развернут в пространстве и во времени. Основная обработка почвы – вспашка на глубину 20-22 см с последующими элементами посевных работ и ухода за посевами (Перфильев и др., 2020). Посев вели вручную в третьей декаде мая. Коэффициент высева 5,5 млн./га. Площадь делянки составляла один

квадратный метр. Посев вели вручную на глубину 7-8 см и междурядьями 20 см, расстояние между делянками 40 см. Полевые наблюдения вели по методике ВИР. Уборочные работы проводили вручную в 1 декаде сентября при наступлении полной спелости овса при влажности 18-20%. Для обмолота снопов использовали молотилку МПС-1М, после чего путем естественной сушки доводили влажность зерна до 14% и определяли продуктивность каждого генотипа.

В лаборатории зерно подвергалось дополнительной очистке от щуплых и недоразвитых зерен. Далее методом «конверта» проводили отбор образцов зерна для биохимического анализа (ГОСТ 13586.3-2015). Плёнчатость определяли согласно методике, разработанной для ГОСТ 10843-76. Содержание протеина в зерне овса определяли после отделения цветковых плёнок и последующего размола зерновок на лабораторной мельнице (ЛЗМ). В полученных пробах методом Къельдаля определяли содержание общего азота на приборе UDK 159 производства Velp Scientifica (Италия). Для перерасчета в сырой протеин использовали коэффициент 6,25. Определение азота проводили в трехкратном повторении с последующим усреднением. Результаты анализа подвергались математической обработке стандартными статистическими методами из пакета Microsoft Excel 2016.

Результаты и их обсуждение. Погодные условия вегетационного периода 2021-2024 гг. отличались друг от друга и многолетних показателей (табл.1). Май 2022 года выделился среди остальных своевременными осадками (94 мм), при среднедневной температуре +16 градусов по Цельсию. Это обеспечило благоприятные условия для роста овса вплоть до его кущения. В целом погода мая характеризовалась как избыточно-влажная – гидротермический коэффициент (ГТК) Селянинова составил 2,5.

Таблица 1. Погодные условия в годы исследований (по данным агрометеостанции «Тюмень», пос. Московский) 2022-2024 гг.

Table 1. Weather conditions during the years of study (according to data from the agrometeorological station "Tyumen", v. of Moskovsky) 2022-2024

Месяц	ГТК Селянинова			Осадки, мм				Температура воздуха, °С			
	2022	2023	2024	2022	2023	2024	ср.мн.	2022	2023	2024	ср.мн.
Май	2,5	0,0	1,6	94	2	40	44	16/8	22/9	12/3	12
Июнь	1,2	1,7	1,8	59	86	100	61	19/11	20/12	23/14	17
Июль	1,1	0,8	0,9	67	54	54	87	23/15	27/17	23/15	18,7
Август	1,0	0,4	2,0	56	20	95	61	23/13	21/12	19/12	16,1
Сентябрь	0,4	0,3	0,6	11	10	21	45	15/8	17/8	17/8	10,0

*ср.мн. – среднемноголетние значения; Средняя температура воздуха: дневная/ночная

Посевные работы в 2023 году проходили при иссушенном слое почвы толщиной 10 см, что было следствием отсутствия майских дождей, повышенной температуре воздуха (+20 °С) и постоянных ветров. Гидротермический коэффициент этого месяца был нулевым.

В 2024 году май соответствовал среднемноголетним показателям и характеризовался как благоприятный для

посевных работ и начального роста зерновых культур.

Кущение и выход в трубку овса проходили в оптимальных условиях. Среднедневная температура воздуха была на уровне +19 +23 °С и ночными понижениями до +11 +14 градусов. В июне 2022 года значение ГТК составило 1,2, что соответствовало достаточному увлажнению. Июнь 2023 2024 гг. был избыточно увлажненным (ГТК Селянинова 1,7 и 1,8)

из-за осадков, превышающих среднемноголетние значения на 41 и 64% соответственно.

В июле 2023 и 2024 гг. установилась жаркая погода с дефицитом осадков. Гидротермический коэффициент составил 0,8...0,9, при норме более 1,0. В 2022 году дефицит осадков проявлялся в меньшей мере, что на фоне незначительного превышения температуры воздуха не вызвало засухи. В целом цветение и начальный этап налива зерна овса проходил в контрастных по температуре условиях. Это отразилось не только на продуктивности овса, но и на его показателях качества – содержании протеина и плёчатости.

Овёс вызревал также в контрастных погодных условиях. В 2023 году продолжалась сухая погода – при температуре воздуха в дневные часы +21 °С осадков выпало всего 20 мм (ГТК Селянинова 0,4). В 2024 году осадков в августе было почти в 5 раз больше (95 мм) –

гидротермический коэффициент Селянинова составил 2,0, что соответствует избыточному увлажнению. Это привело к появлению многочисленного подгона и затягиванию вегетации голозерного овса. Погодные условия августа 2022 года не отличались от среднемноголетних показателей.

Коллекция плёчатых сортов овса была ранжирована по регионам их происхождения (рис.1). Единичными генотипами были представлены следующие регионы Российской Федерации: Мурманская (Хибины 2); Орловская (Браслет, Селекционный сорт 33); Пензенская (Местный (к-1461)); Ростовская (Эльбрус); Саратовская (Местный (к-1512)); Смоленская (Местный (к-1711)); Тульская (Шатиловский); Челябинская (Варненский); Архангельская (Северянин, Смоленец); Кемеровская области (Кемеровский 90, Ровесник) и Красноярский Край (Саян, Ударник У-883).

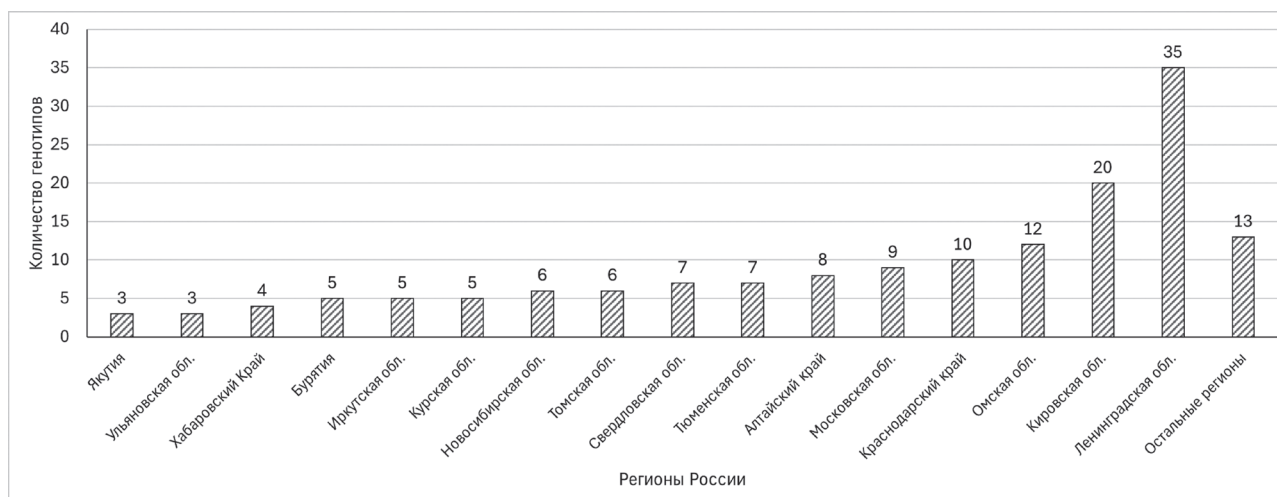


Рис. 1. Распределение генотипов плёчатого овса по Центрам селекции РФ (n=158)

Fig. 1. Distribution of hulled oat genotypes by Russian breeding centers (n=158)

В группу сортов Тюменской селекции вошли 7 генотипов: Местный (к-1539), Талисман, Фома, Боец, Мегион, Отрада, Тоболяк. В качестве сорта-стандарта была выбрана Отрада (к-15380), которая в настоящее время занимает максимальную посевную площадь в Тюменской области и входит в ТОП-10 селекционных достижений в РФ (Пай и др., 2025). Из соседствующих регионов в коллекцию вошли 7 сортов из Свердловской и 12 из Омской областей. Наиболее широко представлены Кировская и Ленинградская области – 20 и 35 генотипов соответственно, что в целом составляет 35% всей исследованной коллекции.

В среднем по коллекции содержание сырого протеина в очищенном от цветочных плёнок зерне составило 14,8% с диапазоном варьирования от 10,5 (Пегас) до 19,6% (Местный (к-1461)). Это подтверждает наличие плёчатых сортов овса, не уступающих голозерным формам по содержанию протеина

(Шаболкина и др., 2024). Диапазон варьирования (max-min) содержания сырого протеина оказался достаточно широким – 9,1% при медиане, совпадающей со средней величиной по коллекции (14,8%).

После проведения квартильного анализа, коллекция овса была сгруппирована следующим образом (табл.2): содержание сырого протеина менее 13,0% – 17 генотипов, в том числе современный сорт Тюменской селекции Тоболяк (к-15827). В данной группе выделены 7 сортов, имеющих стабильно низкое содержание протеина в зерне, коэффициент вариации (CV) которых не превышал 20%: Вектор; ДЕНБА; ПЕНАЛ; Пегас; Креол; Баргузин и Метис. Остальные 10 генотипов характеризовались очень сильной реакцией на погодные условия. Так, сорта Кемеровский 90 и Универсал 1 отличались очень широким диапазоном значений по годам – от 6,6-6,9 (2023 г.) до 16,7-17,8% в 2022 году.

Таблица 2. Ранжирование коллекции плёнчатых сортов овса отечественной селекции по содержанию сырого протеина, 2022-2024 гг.

Table 2. Ranking of domestically bred hulled oat varieties according to crude protein percentage, 2022-2024

Диапазон содержания протеина в зерне, %	Количество генотипов	Генотипы (каталожный номер ВИР)
<13,0	17	91h18 (15927); Баргузин (15761); Буланный (15277); Вектор (15838); Денба (15885); Кемеровский 90 (14959); Креол (15338); Лев (15176); Метис (13915); Памяти Балавина (15182); Пегас (15114); Пенал (15313); Русич (15837); Тобольск (15827); Универсал 1 (14415); Чиж (14570); Яков (15213)
13,1-16,0	103	162h15 (15925); 178h13 (15924); 25h18 (15926); 325h12 (15808); АБОРР (пр. 4582); Аватар (15443); АВРУС (пр. 4587); Аргамак (14648); Аргумент (15013); Ассоль (15617); Атлет (15497); Атула (15019); Атула 508-89 (15614); Боец (15282); Борайн (15753); Борец (14788); Борот (14858); Боррав 2 (15276); Браслет (15882); Валдин 765 (14574); Варненский (14574); Виленский (15499); Всадник (15495); Гибриды (15020); (15021); (15022); Гунтер (14957); Гэсэр (14615); Дедал (14420); ДЕНБА 2 (15886); Десант (15618); Догой (15341); Дэнс (14782); Егорыч (15624); Залп (15442); Иртыш 13 (13924); Иртыш 21 (14780); Иртыш 22 (15065); Иртыш 23 (15188); Казыр (15623); Камбулинский (13911); Козырь (14029); Корифей (15113); Кречет (14857); Крупнозерный (13370); Льговский (15818); Льговский 82 (14033); Льговский 9 (14506); Маршал (15695); Медведь (15494); Местный (1512), (1711); Мустанг (15582); Мутика 556 (14379); Мэргэн (15342); Нарпс (15319); Нарымский 943 (11122); Новосибирский 5 (15453); Новосибирский 88 (14031); Овен (14417); Овес желанный (2938); ОМАН (пр. 4583); Орион (14422); Отрада (15380) ; Памяти Ушакова (15626); Песец (14904); Петрович (15691); Позднеспелый (15551); Покровский (13372); РАПЕН (15175); Ровесник (14365); Сапсан (15444); Саян (14043); Селекционный сорт 33 (2306); Сибирский кормовой (15062); СИГ (15335); СИР 4 (14235); Скакун (13780); Скороспелый (11717); Спринт 2 (14597); Спринт 3 (14659); Стайер (15181); Талисман (14785); Тарский 2 (14779); Тигровый (14859); Тогурчанин (15012); Тройка (15621); Тубинский (15008); Тулунский 19 (14783); Тулунский 30 (15625); Ударник У-883 (8256); Улов (14231); Уралец (15498); Уран (15340); Факел (15760); Факир (14373); Фауст (14781); Фома (15451); Ханоми (14961); Ханоми 2 (15118); Хибины 2 (9869); Чемал (15622); Червонный (2896)
16,1-18,0	34	ОТ-FL 520-89 (15613); Баден 1 (15933); Боррав (15230); Борси (14725); Гибрид (15023); Горизонт (12113); Конкур (15068); Краснообский (13952); Кубанский (12244); Мегион (14039); Местный (1539), 162h15 (1733); Обыкновенный (6529); Онохойский А-547 (9135); Памяти Богачкова (14778); ПИОБАНД (пр. 4586); Покровский 9 (14233); Премьер (15238); Привет (14787); Санур (15616); Северянин (11132); Скороспелый 1 (15547); Скороспелый 2 (15548); Смоленец (2219); Сона (14909); Султан (15064); Таёжник (12245); Траверс (14572); Фобос (14421); ХАНАМИ (пр. 4584); Шатиловский (2919); Эклипс (15187); Экспресс (14505); Эльбрус (13376)
>18,1	4	СОКУ (14862); 94h18 (15928); Среднеспелый 1 (15549); Местный (1461)

Вторая группа (13,1-16,0%) плёнчатых генотипов оказалась наиболее многочисленной. Она была представлена 103 генотипами и включала 4 сорта Тюменской селекции: Талисман, Фома, Боец, Отрада. Содержание в них сырого протеина в среднем по годам было на одном уровне – 14,0-14,3%. Однако вариабельность по годам отличалась – у сорта Боец CV составил 24% тогда как у остальных – 10-12%, что характеризует их как стабильные генотипы.

Наиболее перспективными для селекционного процесса в этой группе оказались сорта: ХАНОМИ; Аватар; Улов; Памяти Ушакова и ДЕНБА 2. Содержание сырого протеина в их зерне варьировало от 15,0 до 16,0% при стабильности значений по годам – CV не превышал 10%.

Очень сильной реакцией на погодные условия во второй группе (13,1-16,0%) обладали следующие генотипы: Дэнс; Нарымский 943; Виленский; Новосибирский 88; Гибрид (к-15021); Догой; Атула; Крупнозерный; Аргамак; Червонный; Атула 508-89;

Козырь; Скороспелый; Местный (к-1512) и Уралец. Содержание сырого протеина у этих образцов варьировало от 9,7 до 22,3% при коэффициенте вариации более 20%. Максимальная реакция на погоду была зафиксирована у сорта Свердловской селекции Уралец – в 2024 году содержание протеина было равным 10,2%, а в 2023 г – 22,3%.

Третью группу сформировали генотипы, в зерне которых содержание протеина было в диапазоне 16,1-18,0%, что достоверно выше средней величины по коллекции ($F_{\text{факт}} > F_{\text{теор}}$, при $p=5\%$). В нее вошли 34 генотипа, в том числе 2 Тюменской селекции: Мегион и Местный (1539). Наиболее стабильными сортами в отношении формирования протеина в разных погодных условиях были: ПИОБАНД; Фобос; Сона; БАДЕН 1; Эклипс; Экспресс; Эльбрус и Таёжник. Коэффициент вариации выделенной группы не превышал 10%, что соответствовало низкой вариабельности изучаемого признака.

Были выделены генотипы, у которых

вариабельность содержания протеина в зерне по годам была очень высокой (CV 20...28%). В эту группу вошли: Привет; Санур; Северянин; Скороспелый 2; Премьер; Местный (к-1733); Скороспелый 1; Шатиловский; Кубанский; Султан; Обыкновенный; Борси; Траверс.

Завершает ранжирование коллекции группа из 4 генотипов с максимальным (>18,1%) содержанием протеина в зерне. Сорты СОКУ и Местный (к-1461) характеризовались очень высокой стабильностью значений по годам – коэффициент вариации не превышал 10%, при среднем содержании протеина 18,1 и 19,6% соответственно. В зерне образцов 94h18 и Среднеспелый 1 – 18,2% при высокой вариабельности признака (CV=21%). Нужно отметить особенность данных генотипов – реакция на погодные условия оказалась диаметрально противоположной. В 2022 году содержание протеина в них составило 14,5 и 20,2% соответственно, а в 2024 г. – 22,1 и 13,7%.

Дисперсионный анализ показал, что метеорологические условия вегетационного периода (фактор А) оказывают достаточно сильное влияние на содержание протеина в зерне овса – доля влияния этого фактора составляла 22%. Влияние генотипа (фактор В) на сбор протеина с единицы площади составило 65%.

Достоверной ($F_{\text{факт}} > F_{\text{теор.}}$ при $p=5\%$) была и сортовая реакция на погоду (Взаимодействие АВ) – доля влияния составила 10%. Это подтверждает необходимость использования высокобелковых генотипов овса в селекционных программах по созданию сортов для конкретных почвенно-климатических условий.

Принято считать, что плёнчатость овса генетически детерминирована и мало зависит от внешних условий среды. Для животноводства и перерабатывающей промышленности высокая плёнчатость является нежелательным свойством. Поэтому селекционеры уделяют ей достаточно большое внимание.

Средняя плёнчатость по изучаемой коллекции генотипов овса отечественной селекции составила 28% с очень широким диапазоном значений. Очень низкая плёнчатость (до 24%) отмечена у 30 генотипов (рис. 2). Среди них выделяются сорта Вектор; Егорыч; Петрович; Десант и ДЕНБА, которые имели минимальную плёнчатость зерна (19-22%) и относительно низкую вариабельность по годам (5-14%). В группе с очень низкой плёнчатостью оказались генотипы с высокой степенью изменчивости по годам: Варненский; Пегас; Уралец; Ассоль и Баргузин. Коэффициент вариации указанных сортов был в пределах 18-27%.

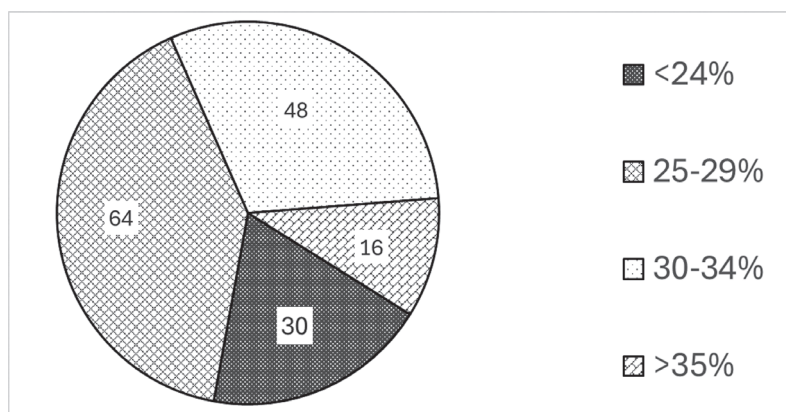


Рис. 2. Группировка генотипов овса по плёнчатости (n=158), 2022-2024 гг.
Fig. 2. Grouping of oat genotypes according to hull content (n=158), 2022-2024

Плёнчатость зерна основной массы генотипов (64 из 158) была в пределах 25-29%. В эту группу вошли все сорта Тюменской селекции, для которых среднее значение было равным 28%. Необходимо отметить, что вариабельность изучаемого признака имела очень широкий диапазон – от 3% (Фома) до 21% (Местный (к-1539); Отрада).

В группу с очень высокой плёнчатостью (>35%) вошли 16 генотипов, из которых 6 характеризовались стабильностью по годам (CV<10%). К ним отнесены: Крупнозерный; СОКУ; Атула 508-89; Сона; СИР 4; Траверс. Очень широкий диапазон значений по годам был зафиксирован у сорта Конкур Ульяновской селекции – от 26% (2022 г.) до 40% (2024 г.).

Анализ коллекции показал, что 42 изучаемых генотипа обладают стабильностью (CV до 10%) в отношении плёнчатости зерна (рис.3). Тюменский сорт Фома отличался минимальной вариабельностью этого показателя по годам (28-30%) – CV составил 3%. Аналогичным оказался генотип Местный (к-1733) из Иркутской области.

Отдельно нужно выделить сорта Ханом и Петрович, которые формировали стабильно низкоплёнчатое зерно (22-25%) в годы исследований (CV=4%). Аналогичные показатели (плёнчатость до 25% и CV до 10%) были отмечены у следующих сортов: Десант; ДЕНБА; 25h18; Залп; Покровский РАПЕН; Боррайн; ДЕНБА 2; Маршал, Овен; Пиобанд.

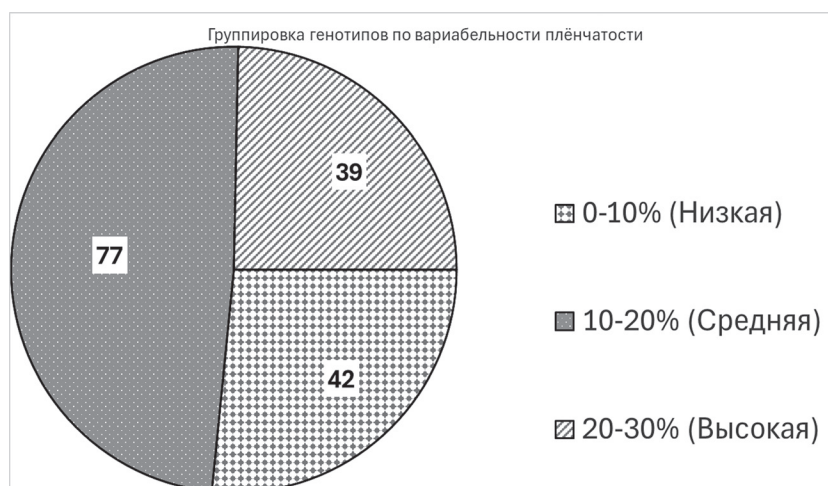


Рис. 3. Группировка генотипов овса по вариабельности плёнатости в зависимости от погодных условий
Fig. 3. Grouping of oat genotypes by according to hull content variability depending on weather conditions

В изучаемой коллекции практически половина генотипов характеризовалась средней степенью изменчивости плёнатости зерна (CV 10-20%) и только 20 из них были низкоплёнататыми (до 25%). В эту группу вошли: 325h12; Борец; Валдин 765; Варненский; Вектор; Виленский; Догой; Егорыч; Иртыш 13; Камбулинский; Пегас; ПЕНАЛ; Позднеспелый; Покровский 9; Русич; Таёжник; Улов; Уралец; Фобос; ХАНАМИ.

Высокая вариабельность (CV 20-30%) плёнатости зерна была зафиксирована у 39 генотипов (25% от коллекции) из которых 19 были низкоплёнататыми (до 25%). За годы исследований этот признак варьировал в диапазоне от 17% (Баргузин) до 33% (Гэсэр). В данную группу также вошли: Аватар; Аргумент; Ассоль; Всадник; Гунтер; Иртыш 23; Львовский; Местный (к-1711); Нарымский 943; Отрада; Сапсан; Саян; Скороспелый 1; Спринт 2; Стайер; Тройка и Тубинский.

Как показал дисперсионный анализ, плёнатость зерна овса предствляет собой сортовой признак, который может в определенной мере изменяться под действием внешних факторов. Установлено, что доля влияния генотипа составляет 56%, а погодных условий – 28%. В то же время стабильность формирования

плёнатости (CV) в различающихся между собой погодных условиях на 77 % определяется генетически и лишь на 12% от внешних факторов. Поэтому крайне важно в ходе создания новых плёнатых сортов уделять внимание на стабильность плёнатости.

Продуктивный потенциал сельскохозяйственных культур, выражаемый сбором зерна с единицы площади, по праву считают основополагающим свойством каждого сорта. Посев в идентичных условиях (год, почва, предшественник) нескольких сортов дает возможность оценить продуктивность, формирующуюся в конкретных почвенно-климатических условиях.

Средняя урожайность коллекции плёнатых генотипов составила 418 г/м² (рис. 4) с диапазоном варьирования от 313 (Ударник-883) до 525 г/м² (Местный к-1539). Из 38 высокобелковых генотипов (>16,1%) 10 оказались с достоверно меньшей урожайностью относительно средней величины по коллекции ($F_{\text{факт}} < F_{\text{теор}}$, при $p=5\%$). В этой группе оказался и сорт Тюменской селекции Мегион. Разница в пределах ошибки опыта относительно средней величины была у 10 сортов.

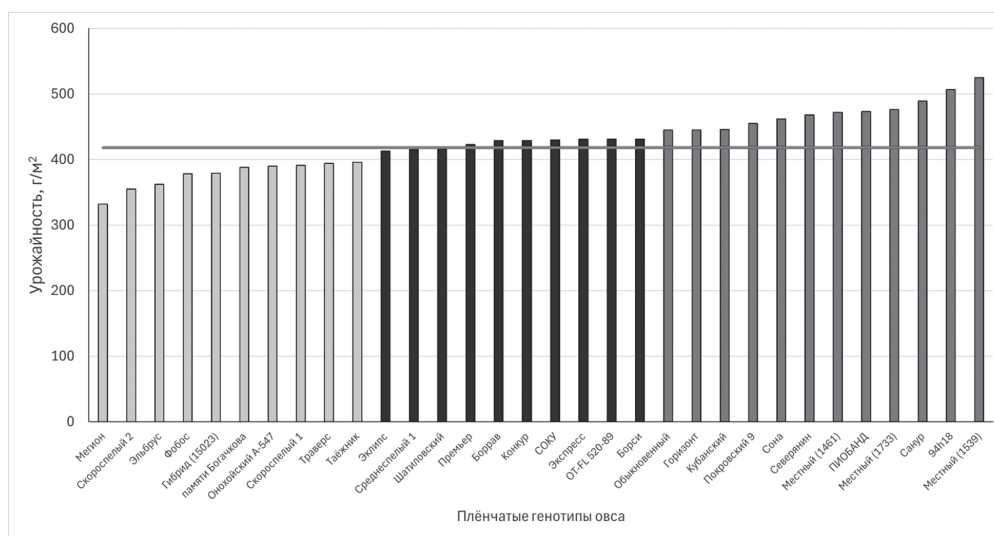


Рис. 4. Урожайность плёнатых генотипов овса с содержанием сырого протеина в зерне более 16%, г/м², 2022-2024 гг.

Красная линия – средняя урожайность по коллекции овса (X_{cp}) отечественной селекции (418 г/м²); коричневый цвет – достоверно меньшая урожайность относительно X_{cp} ; синий – разница урожайности относительно X_{cp} недостоверна ($F_{факт.} < F_{теор.}$ при $p=5\%$); зеленый – разница достоверно выше X_{cp} .

Fig. 4. Productivity of hulled oat genotypes with crude protein of more than 16%, g/m², 2022-2024
Red line – average productivity for the oat collection (X_{avg}) of domestic breeding (418 g/m²); brown color – significantly lower productivity relative to X_{avg} ; blue – productivity difference relative to X_{avg} is insignificant ($F_{факт.} < F_{теор.}$ when $p=5\%$); green – difference is significantly higher than X_{avg} .

Наиболее ценными по урожайности были 12 высокобелковых генотипов плёнчатого овса – разница относительно X_{cp} по коллекции варьировала от 6,5% (Обыкновенный) до 25,6% (Местный (к-1539)).

Сбор белка с единицы площади определяет протеиновый потенциал овса (Lokesh et. al., 2021). Использование его на разные цели (продовольственное или зернофуражное направление) определяет характер оценки. При использовании овса на корм, потенциал целесообразно определять по выходу протеина с единицы площади. В том случае, если овёс планируют использовать как сырье для продуктов или глубокой

переработки, ценность сорта будет определяться содержанием белка в эндосперме зерна и его плёнчатостью (Andriyanova et. al., 2020).

В среднем по коллекции сбор протеина составил 45 г/м² с диапазоном варьирования от 29 (Пегас) до 62 г/м² (Местный (к-1539)). Сорт-стандарт Отрада характеризовался превышением сырого протеина относительно средней величины по коллекции. Белковый сбор в среднем за три года составил 49 г/м² при варьировании от 44 до 58 г/м² (рис.5). Остальные сорта Тюменской селекции (Талисман, Тобояк и Фома) уступали стандарту в среднем на 18-27%.

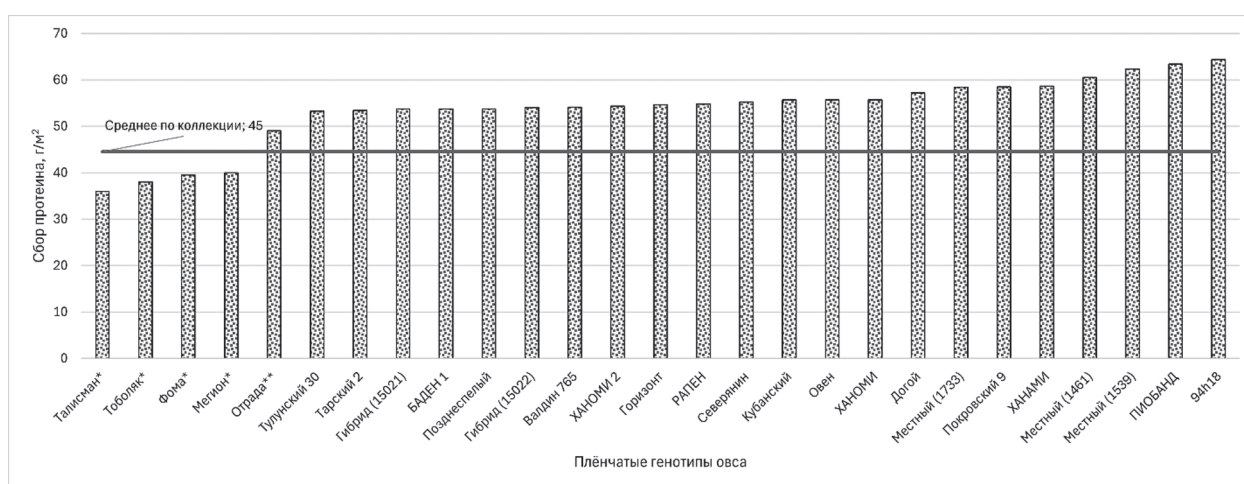


Рис. 5. Сбор протеина местных и высокобелковых генотипов плёнчатого овса, г/м², 2022-2024 гг.

* - сорт Тюменской селекции; ** - сорт-стандарт; красная линия – среднее значение сбора протеина по коллекции ($n=158$). Разница между значениями генотипов и средней по коллекции достоверна ($F_{факт.} > F_{теор.}$ при $p=5\%$)

Fig. 5. Protein yield of local and high-protein genotypes of hulled oats, g/m², 2022-2024

* - variety of Tyumen breeding; ** - standard variety; red line - average protein yield of the collection ($n=158$). The difference between genotype values and average of the collection is significant ($F_{факт.} > F_{теор.}$ when $p=5\%$).

Выделившиеся генотипы по сбору белка имели достоверное превышение относительно среднего значения по коллекции и сорта-стандарта. Данные генотипы следует считать перспективными для включения в селекционные программы по созданию высокобелковых сортов овса.

Выводы. Изучаемая коллекция была представлена плёнчатыми генотипами овса различного географического происхождения. Изучение данного набора в условиях северной лесостепи Зауралья показало очень широкий диапазон (от 6,6 до 22,8%) содержания протеина в очищенных от оболочек зерновках в зависимости от погодных условий. По исходным данным, коллекция из 158 образцов, была ранжирована на четыре группы: низкобелковые (<13,0%) – 17 сортов; среднбелковые (13,1-16,0%) – 103; высокобелковые (16,1-18,0%) – 34; очень высокобелковые (>18,1%) – 4 генотипа. По содержанию протеина в очищенных зерновках были выделены

стабильно ($CV < 10\%$) высокобелковые генотипы: ПИОБАНД; Фобос; Сона; БАДЕН 1; Эклипс; Экспресс; Эльбрус и Таёжник. В группу сортов с очень сильной реакцией на погодные условия вошли: Привет; Санур; Северянин; Скороспелый 2; Премьер; Местный (к-1733); Скороспелый 1; Шатиловский; Кубанский; Султан; Обыкновенный; Борси; Траверс. Наиболее продуктивные генотипы с урожайностью более 450 г/м² характеризовались высоким содержанием протеина: Обыкновенный (16,4%); Горизонт (17,3%); Кубанский (17,9%); Покровский 9 (17,0%); Сона (16,2%); Северянин (16,3%); ПИОБАНД (17,8%); Санур (16,2%); 94h18 (18,2%), а также местные формы из различных регионов РФ: к-1461 (19,6%); к-1733 (17,4%); к-1539 (16,8%). Сбор сырого протеина сортов Тюменской селекции (Талисман, Тобояк, Фома и Мегион) составил 36-40 г/м² при среднем значении по коллекции 45 г/м². Выявлено, что содержание протеина в зерне плёнчатых сортов овса на 22% зависит от погодных условий

вегетации и на 65% – от генотипа.

Плёнчатость зерна овса на 56% контролируется генетически и на 28% зависит от погодных условий во время вегетации. Выделены стабильно низкоплёнчатые формы: Вектор; Егорыч; Петрович; Десант и ДЕНБА. Стабильная плёнчатость в контрастных погодных условиях является индивидуальной особенностью сорта и на 77% контролируется генетически, тогда как влияние погоды составляет 12%. Были выделены генотипы с высоким белковым потенциалом, у которых сбор протеина достоверно превышал среднее значение по коллекции на 10% и более: Отрада, Тулунский 30,

Тарский 2, Гибрид; (15021); БАДЕН 1; Позднеспелый; Гибрид (к-15022); Валдин 765; ХАНОМИ 2; Горизонт; РАПЕН; Северянин; Кубанский; Овен; ХАНОМИ; Догой; Местный (1733); Покровский 9; ХАНАМИ; Местный (1461); Местный (1539); ПИОБАНД; 94h18. Данные генотипы рекомендуется использовать в селекционных программах Западной Сибири для создания урожайных сортов с высоким протеиновым потенциалом.

Финансирование. Работа выполнена за счет государственного задания 124022900011-6 и при поддержке Западно-Сибирского межрегионального научно-образовательного центра мирового уровня.

Библиографический список

1. Демин Е. А., Волкова Н. А., Након Д. Д. Содержание органического углерода в структурных отдельностях чернозема выщелоченного при использовании возрастающих доз минеральных удобрений в условиях лесостепной зоны Зауралья // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2024. Т. 19, № 3(75). С. 11-16. DOI: 10.12737/2073-0462-2024-11-16. EDN SRCVOD.
2. Еремин Д. И., Любимова А. В. Поиск перспективных генотипов для регулирования липидного комплекса в зерне при направленной селекции овса целевого назначения // Вестник КрасГАУ. 2024. № 11(212). С. 39-48. DOI: 10.36718/1819-4036-2024-11-39-48. EDN UWOWXR.
3. Иванова Ю. С., Фомина М. Н., Ярославцев А. А. Оценка коллекции овса по основным биохимическим показателям качества в условиях Тюменской области // Аграрный вестник Урала. 2024. Т. 24, № 1. С. 2-11. DOI: 10.32417/1997-4868-2024-24-01-2-11. EDN YBSDWK.
4. Кротова Н. В., Баталова Г. А. Адаптивность образцов пленчатого овса в коллекционном питомнике // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2023. Т. 24, № 5. С. 749-756. DOI: 10.30766/2072-9081.2023.24.5.749-756. EDN HWUUIJ.
5. Полонский В. И., Сумина А. В. Адаптивность ячменя и овса по пленчатости зерна в Восточной Сибири // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2023. № 108. С. 108-113. DOI: 10.21515/1999-1703-108-108-113. EDN RKURQZ.
6. Пай О. А., Фомина М. Н., Иванова Ю. С. Оценка кормовой продуктивности коллекционных образцов овса в условиях Северного Зауралья // Достижения науки и техники АПК. 2025. Т. 39, № 2. С. 25-30. DOI: 10.53859/02352451_2025_39_2_25. EDN ENQBOQ.
7. Перфильев Н. В., Вьюшина О. А., Тимофеев В. Н. Усовершенствованные ресурсосберегающие системы основной обработки почвы и внесения удобрений для зоны северной лесостепи Северного Зауралья: Методические рекомендации // НИИСХ СЗ- филиал ТюмНЦ СО РАН. Тюмень. 2020. 52 с. ISBN 978-5-4266-0193-2. EDN CJCUTQ.
8. Сапега В. А. Параметры продуктивности сортов овса в различных экологических условиях Северного Зауралья // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. 2005. № 1. С. 16-18. EDN PIEUZH.
9. Шаболкина Е. Н., Шевченко С.Н., Бишарев А.А., Анисимкина Н.В. Урожайность и качество зерна сортов пленчатого и голозерного овса в условиях Среднего Поволжья // Зерновое хозяйство России. 2024. Т. 16, № 5. С. 40-45. DOI: 10.31367/2079-8725-2024-94-5-40-45. EDN VBNPFG.
10. Andriyanova Yu. M., Sergeeva I. V., Gusakova N. N., Mokhonko Yu. M. The role of new stress protectors in the formation of production process of oat culture during cultivation in anthropogenically polluted areas // BIO Web of Conferences. 2020. Vol. 23. P. 03011. DOI: 10.1051/bioconf/20202303011. EDN CUFPVAV.
11. Biel W., Jacyno E., Kawęcka M. Chemical composition of hulled, dehulled and naked oat grains // South African Journal of Animal Science. 2014. Vol. 44. No. 2. Pp. 189-197. DOI: 10.4314/sajas.v44i2.12.
12. Gil-González A. B., Sjögren L. E., Bernfur K. Genomic identification of expressed globulin storage proteins in oat // Frontiers in Plant Science. 2024. Vol. 15. DOI: 10.3389/fpls.2024.1418658. EDN UYQAQT.
13. Lyubimova A. V., Eremin D. I., Renev E. P. Genetic Variation Analysis of Avenin Components in the Population of F2 Common Oat Hybrids // Agronomy. 2024. Vol. 14, No. 12. P. 2899. DOI: 10.3390/agronomy14122899. EDN CTFUSL.
14. Lokesh K., Rachna S., Yanzhuo K. Oat proteins: A perspective on functional properties // LWT. 2021. Vol. 152. P. 112307. DOI: 10.1016/j.lwt.2021.112307.
15. Wang T., Han B. Dynamic transcriptome landscape of oat grain development // BMC Genomics. – 2025. Vol. 26. P. 616. DOI: 10.1186/s12864-025-11827-z
16. Zhen Yang Zh., Xie Ch., Liu F., Wang H. Oat: Current state and challenges in plant-based food applications // Trends in Food Science & Technology. 2023. Vol. 134. Pp. 56-71. DOI: 10.1016/j.tifs.2023.02.017.

References

1. Demin E. A., Volkova N. A., Nakon D. D. Soderzhanie organicheskogo ugleroda v strukturnykh otdel'nostyakh chernozema vyshchelochennogo pri ispol'zovanii vozrastayushchikh doz mineral'nykh udobrenii v usloviyakh lesostepnoi zony Zaural'ya [Organic carbon content in structural units of leached blackearth using increasing doses of mineral fertilizers in the forest-steppe zone of the Trans-Urals] // Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2024. T. 19, № 3(75). S. 11-16. DOI: 10.12737/2073-0462-2024-11-16. EDN SRCVOD.
2. Eremin D. I., Lyubimova A. V. Poisk perspektivnykh genotipov dlya regulirovaniya lipidnogo kompleksa v zerne pri napravlennoi selektsii ovsa tselevogo naznacheniya [Search for promising genotypes to regulate the lipid complex in grain

during targeted oat breeding] // Vestnik KrasGAU. 2024. № 11(212). S. 39-48. DOI: 10.36718/1819-4036-2024-11-39-48. EDN UWOWWR.

3. Ivanova Yu. S., Fomina M. N., Yaroslavtsev A. A. Otsenka kolektsii ovsa po osnovnym biokhimicheskim pokazatelyam kachestva v usloviyakh Tyumenskoj oblasti [Evaluation of an oat collection according to key biochemical quality indicators in the Tyumen region] // Agrarnyi vestnik Urala. 2024. T. 24, № 1. S. 2-11. DOI: 10.32417/1997-4868-2024-24-01-2-11. EDN YBSDWK.

4. Krotova N. V., Batalova G. A. Adaptivnost' obraztsov plenchatogo ovsa v kolleksiennom pitomnike [Adaptability of hulled oat samples in the collection nursery] // Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. 2023. T. 24, № 5. S. 749-756. DOI: 10.30766/2072-9081.2023.24.5.749-756. EDN HWUUIJ.

5. Polonskii V. I., Sumina A. V. Adaptivnost' yachmenya i ovsa po plenchatosti zerna v Vostochnoi Sibiri [Adaptability of barley and oats due to hull content in grain in Eastern Siberia] // Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2023. № 108. S. 108-113. DOI: 10.21515/1999-1703-108-108-113. EDN RKURQZ.

6. Pai O. A., Fomina M. N., Ivanova Yu. S. Otsenka kormovoi produktivnosti kolektsionnykh obraztsov ovsa v usloviyakh Severnogo Zaural'ya [Estimation of forage productivity of collection oat samples in the northern Trans-Urals] // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2025. T. 39, № 2. S. 25-30. DOI: 10.53859/02352451_2025_39_2_25. EDN ENQBOQ

7. Perfil'ev N. V., V'yushina O. A., Timofeev V. N. Uovershenstvovannye resursoberegayushchie sistemy osnovnoi obrabotki pochvy i vneseniya udobrenii dlya zony severnoi lesostepi Severnogo Zaural'ya: Metodicheskie rekomendatsii [Improved resource-saving primary tillage and fertilizer application systems for the northern forest-steppe zone of the northern Trans-Urals: methodological recommendations] // NIISh SZ- filial TyumNTs SO RAN. Tyumen'. 2020. 52 s. ISBN 978-5-4266-0193-2. EDN CJCUTQ.

8. Sapega V. A. Parametry produktivnosti sortov ovsa v razlichnykh ekologicheskikh usloviyakh Severnogo Zaural'ya [Productivity parameters of oat varieties in various environmental conditions of the northern Trans-Urals] // Doklady Rossijskoi akademii sel'skokhozyaistvennykh nauk. 2005. № 1. S. 16-18. EDN PIEUZH.

9. Shabolkina E. N., Shevchenko S.N., Bisharev A.A., Anisimkina N.V. Urozhainost' i kachestvo zerna sortov plenchatogo i golozernogo ovsa v usloviyakh Srednego Povolzh'ya [Productivity and grain quality of hulled and hulled oat varieties in the Middle Volga region] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2024. T. 16, № 5. S. 40-45. DOI: 10.31367/2079-8725-2024-94-5-40-45. EDN VBNPFG.

10. Andriyanova Yu. M., Sergeeva I. V., Gusakova N. N., Mokhonko Yu. M. The role of new stress protectors in the formation of production process of oat culture during cultivation in anthropogenically polluted areas // BIO Web of Conferences. – 2020. Vol. 23. P. 03011. DOI: 10.1051/bioconf/20202303011. EDN CUFPAV.

11. Biel W., Jacyno E., Kawęcka M. Chemical composition of hulled, dehulled and naked oat grains // South African Journal of Animal Science. 2014. Vol. 44, No. 2. Pp. 189-197. DOI: 10.4314/sajas.v44i2.12.

12. Gil-González A. B., Sjögren L. E., Bernfur K. Genomic identification of expressed globulin storage proteins in oat // Frontiers in Plant Science. 2024. Vol. 15. DOI: 10.3389/fpls.2024.1418658. EDN UYQAQT.

13. Lyubimova A. V., Eremin D. I., Renev E. P. Genetic Variation Analysis of Avenin Components in the Population of F2 Common Oat Hybrids // Agronomy. 2024. Vol. 14, No. 12. P. 2899. DOI: 10.3390/agronomy14122899. EDN CTFUSL.

14. Lokesh K., Rachna S., Yanzhuo K. Oat proteins: A perspective on functional properties // LWT. 2021. Vol. 152. P. 112307. DOI: 10.1016/j.lwt.2021.112307.

15. Wang T., Han B. Dynamic transcriptome landscape of oat grain development // BMC Genomics. – 2025. Vol. 26, P. 616. DOI: 10.1186/s12864-025-11827-z

16. Zhen Yang Zh., Xie Ch., Liu F., Wang H. Oat: Current state and challenges in plant-based food applications // Trends in Food Science & Technology. 2023. Vol. 134, Pp. 56-71. DOI: 10.1016/j.tifs.2023.02.017.

Поступила: 13.06.25; доработана после рецензирования: 19.03.26; принята к публикации: 19.03.26.

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. Любимова А.В., Ерёмин Д.И. – постановка цели и задач, формирование методологии исследования и концепции статьи; Ахтямова А.А. – анализ данных и их интерпретация, подготовка рукописи; Савельева Ю.В. – подготовка опыта, сбор данных.

Благодарности. Авторы статьи выражают благодарность Лоскутову И.Г. доктору биологических наук, заведующему отделом генетических ресурсов овса, ржи, ячменя Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР).

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.