





 pismavavilov.ru

doi 10.18699/letvjgb-2026-12-09

Оригинальное исследование

Морфометрические показатели растений у биотипов зернового пырея среднего (*Thinopyrum intermedium*) для селекции в условиях Западной Сибири

В.П. Шаманин ¹, А.Н. Айдаров ¹, И.В. Потоцкая ¹✉, А.И. Моргунов ²

Аннотация. Перспективность возделывания многолетних зерновых культур на примере пырея среднего (*Thinopyrum intermedium*) связана с возможностью диверсификации зернового производства, повышения экологической устойчивости и экономической эффективности агроценозов. В условиях южной лесостепи Западной Сибири в 2023–2025 гг. на опытном поле Омского государственного аграрного университета изучены лучшие биотипы, отобранные внутри популяций образцов коллекции пырея среднего (*Th. intermedium*) из The Land Institute (штат Канзас, США) и Омского государственного аграрного университета. Результаты исследований показали, что целевыми признаками для циклов отбора, направленных на увеличение урожайности зерна пырея среднего, являются большая масса 1000 зерен и меньшее значение высоты растения. Отобраны перспективные биотипы, достоверно превышающие стандарт Сова по массе 1000 зерен (в среднем 13.1–15.3 г): TLI-701-1, TLI-801-1, TLI-801-2, № 61-1 и 65-2. Среднее число зерен в колосе по всем изученным биотипам в 2024 г. составило 57.2 шт., в 2025 г. в связи с неблагоприятными условиями погоды – 30.9 шт. Выделены биотипы TLI-701-2, TLI-704-1, TLI-704-2, 14 (1) из популяции № 22 с повышенной устойчивостью к осыпанию (сохранность зерен в колоске 76.4–84.7 %), которые представляют интерес для дальнейшей селекции. Проведенные исследования по оценке морфометрических показателей растений отобранных биотипов в популяциях международной коллекции и образцов пырея среднего свидетельствуют о целесообразности увеличения массы 1000 зерен, снижения высоты растений и повышения устойчивости к осыпанию при селекции на урожайность зерна в условиях Западной Сибири.

Ключевые слова: пырей средний; биотип; популяция; высота растения; компоненты продуктивности; устойчивость к осыпанию
Для цитирования: Шаманин В.П., Айдаров А.Н., Потоцкая И.В., Моргунов А.И. Морфометрические показатели растений у биотипов зернового пырея среднего (*Thinopyrum intermedium*) для селекции в условиях Западной Сибири. *Письма в Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2026;12(2):64-69. doi 10.18699/letvjgb-2026-12-09

Финансирование. Исследования проведены при поддержке Российского научного фонда (соглашение № 25-16-20042 от 17.04.2025).

Original article

Morphometric parameters of plants of grain wheatgrass biotypes (*Thinopyrum intermedium*) for breeding under conditions of Western Siberia

V.P. Shamanin ¹, A.N. Aydarov ¹, I.V. Pototskaya ¹✉, A.I. Morgounov ²

Abstract. The potential for cultivating perennial grain crops, as exemplified by wheatgrass (*Thinopyrum intermedium*), is linked to the potential for diversifying grain production, improving environmental sustainability, and increasing the economic efficiency of agroecosystems. In the southern forest-steppe of Western Siberia, the best biotypes selected from populations of wheatgrass accessions from The Land Institute (Kansas, USA) and Omsk SAU were studied in an experimental field from 2023 to 2025. The results showed that the target traits for selection cycles aimed at increasing wheatgrass grain yield are a higher thousand kernel weight and a shorter plant height. Promising biotypes were selected that significantly exceeded standard Sova on thousand kernel weight (average 13.1–15.3 g): TLI-701-1, TLI-801-1, TLI-801-2, #61-1, and 65-2. The average number of grains per spike for all studied biotypes was 57.2 in 2024 and 30.9 in 2025, due to unfavorable weather conditions. Biotypes TLI-701-2, TLI-704-1, TLI-704-2, and 14 (1) from population # 22 were identified with increased resistance to shattering (grain survival per spikelet: 76.4–84.7 %) and are of interest for further breeding. The conducted studies on the assessment of morphometric parameters of plants of selected biotypes in populations of the international

¹ Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина, Омск, Россия
Omsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin, Omsk, Russia

² Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан
Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

✉ iv.pototskaya@omgau.org

© Шаманин В.П., Айдаров А.Н., Потоцкая И.В., Моргунов А.И., 2026

collection of accessions of medium wheatgrass indicate the feasibility of increasing the thousand kernel weight, reducing the height of plants and increasing resistance to shattering for breeding of grain yield under conditions of Western Siberia.

Key words: intermedium wheatgrass; biotype; population; plant height; productivity components; resistance to shattering

For citation: Shamanin V.P., Aydarov A.N., Pototskaya I.V., Morgounov A.I. Morphometric parameters of plants of grain wheatgrass biotypes (*Thinopyrum intermedium*) for breeding under conditions of Western Siberia. *Pisma v Vavilovskii Zhurnal Genetiki i Seleksii = Lett Vavilov J Genet Breed.* 2026;12(2):64-69. doi 10.18699/letvjgb-2026-12-09

Funding. The research was carried out with the support of Russian Science Foundation (agreement No. 25-16-20042 dated April 17, 2025).

Введение

В условиях турбулентности мирового рынка и усиления санкционной политики западных стран на повестке дня российского аграрно-промышленного комплекса сформировались ключевые вызовы – климатические изменения, деградация и эрозия почв, снижение рентабельности сельскохозяйственного производства (Чжан, 2025). В этом контексте диверсификация возделываемых культур в растениеводстве, в том числе расширение доли посевов, занятых под многолетними зерновыми культурами, положительно сказывается на сокращении выбросов парниковых газов, потерях органического вещества в почве и уменьшении пестицидной нагрузки на агроценозы (Степных и др., 2022; Tang et al., 2023).

В Омском государственном аграрном университете (ГАУ) получен сорт Сова пырея среднего (*Thinopyrum intermedium* (Host) Barkworth & Dewey) зернокармального направления, рекомендуемый к возделыванию во всех регионах Российской Федерации, средняя урожайность зерна которого 9.2 ц/га. Введение дикого сородича пшеницы (род *Triticum* L.) в культуру способствует круглогодичному сохранению растительных остатков на поверхности почвы, снижению расходов на агротехнологические операции в сравнении с однолетними культурами и получению фермерами двойного дохода при возделывании на корм и зерно одновременно благодаря высокой способности этой культуры к отрастанию после уборки на зерно (Потоцкая и др., 2022; Ginot et al., 2024).

Основным недостатком пырея среднего как зерновой культуры является низкая урожайность зерна, и усилия селекционных программ направлены на совершенствование стратегии отбора, использования инструментов геномной селекции по целевым признакам, с которыми связана урожайность в конкретной агроклиматической зоне. Следует отметить важное преимущество сортов пырея для современного сельскохозяйственного производства: снижение себестоимости получения продукции происходит за счет экономии на семенах, топливе, оборудовании, одновременном получении зерна и высокого выхода кормовой биомассы с единицы площади (Ryan et al., 2018; Law et al., 2022).

Селекционное улучшение пырея среднего было начато в Институте землепользования (The Land Institute, штат Канзас, США) в 2003 г. и потребовало проведения пяти циклов селекционного отбора и окультуривания дикорастущего злака, в ходе которых существенно увеличена масса зерновок, устойчивость к осыпанию семян и полеганию растений, улучшение вымолачиваемости зерна и повышение способности к самоопылению. Редактирование генома *Th. intermedium* направлено на изменение генетических факторов, контролирующих хозяйственно значимые признаки.

Немаловажное значение для введения пырея среднего в культуру имеет его маркетинг на рынке, а также тесная интеграция селекционеров и фермеров. В 2024 г. запущен пилотный проект, в рамках которого фермеры штата Миннесоты возделывают и оценивают агрономические признаки пяти новых сортов пырея для корректировки важных для производства признаков в последующих циклах отборов (DeHaan et al., 2020, 2025; Gutknecht et al., 2026).

Несмотря на очевидные преимущества многолетних зерновых культур, в нашей стране исследования по данной тематике ограничены всего несколькими селекционными программами (Гончаров, 2023; Morgounov et al., 2025). Тем не менее, наряду с альтернативными культурами, такими как масличные и зернобобовые, для диверсификации зернового производства Российской Федерации, повышения экологической устойчивости и экономической эффективности агроценозов селекционное улучшение пырея среднего и выведение на рынок новых сортов культуры имеет важное практическое значение.

Материал и методы

Исследования проведены в 2023–2025 гг. на опытном поле Омского ГАУ. Материалом послужили биотипы, выделенные из популяций пырея среднего (*Th. intermedium*) из Института землепользования (The Land Institute, штат Канзас, США) и популяции из коллекции Омского ГАУ, полученные отбором биотипов внутри сорта Сова (табл. 1).

Посев проведен вручную по 50 зерен на 1 м² 05 августа 2023 г. Для изолирования популяций пырея между его образцами высевали сильфию пронзеннолистную (*Silphium perforatum* L.) (см. рисунок). Учеты и наблюдения проведены в соответствии с «Методическими указаниями» (1985). В фазу полного созревания растений в 2024 г. в каждой популяции были отобраны биотипы (по 2–3 в каждой) и около каждого из них установлены маркерные кольца с номером биотипа. Уборка выделенных биотипов проведена серпом на высоту 10 см от почвы, даты уборки 02.09.2024 и 09.09.2025. В лаборатории проведен анализ 10 стеблей в каждом биотипе по морфометрическим показателям: высота растения (вместе с колосом), длина и ширина колоса, число колосков в колосе, масса колоса и компоненты продуктивности колоса, масса зерна с биотипа. В 2025 г. проведен повторный морфометрический и структурный анализ маркированных биотипов в каждом образце коллекции. В статье приведены полученные результаты по двум лучшим биотипам каждого образца, за исключением образцов из популяций № 7, 22 и 61 Омского ГАУ, по которым получены данные за 2 года только по одному биотипу с каждого образца. Статистическую обработку экспериментальных данных проводили с помо-

Таблица 1. Коллекция образцов крупнозерного пырея среднего
Table 1. Collection of samples of large grained intermedium wheatgrass

№ п/п образца	Сорт / популяция	Оригинатор
2	Сова, стандарт	Омский ГАУ
4	ТЛl-701	Институт землепользования (США)
6	ТЛl-703	
8	ТЛl-704	
10	ТЛl-801	
12	Популяция № 7	Омский ГАУ
14	Популяция № 22	
16	Популяция № 61	
18	Популяция № 65	



Образец популяции пырея среднего, изолированный растениями сильфии пронзённolistной, 08.07.2025, фото В.П. Шаманина.

An accession of the intermedium wheatgrass population, isolated by *Silphium perforatum* plants, 07.08.2025, photo by V.P. Shamanin.

щью стандартной программы Microsoft R Open 3.3.3 (<https://mran.microsoft.com/download>).

По данным метеонаблюдений Омской ГМС, средняя температура зимнего сезона 2023–2024 гг. была выше средних многолетних на 4 °С. В летний период зафиксировано выпадение избыточного количества осадков, гидротермический коэффициент составил 1.82. В период с мая по июль 2024 г. выпало около двух годовых норм осадков.

В зимний период 2024–2025 гг. средняя температура также была выше нормы на 2–4 °С, с обильным количеством осадков в виде снега и для озимых культур были благоприятные условия для перезимовки. После весеннего отрастания растений пырея наблюдалась майско-июньская засуха, а в июле 2025 г. зафиксировано обильное выпадение осадков (131 мм). Гидротермический коэффициент летнего

периода составил 1.35. В целом погодные условия в годы исследований позволили получить оценку параметров роста и развития растений пырея среднего, а также их устойчивости к негативным факторам внешней среды в условиях Западной Сибири.

Результаты и обсуждение

Высота растений и масса 1000 зерен – важные признаки, по которым необходима дальнейшая селекционная работа по уменьшению длины стеблей биотипов в популяциях и увеличению массы 1000 зерен пырея среднего с целью повышения устойчивости к полеганию и урожайности зерна (табл. 2).

Высота растения. По высоте растений отобранные биотипы пырея среднего внутри каждого изученного образца в

Таблица 2. Высота растений и масса 1000 зерен у биотипов пырея среднего
Table 2. Plant height and thousand kernel weight of intermedium wheatgrass biotypes

№ п/п образца и биотипа	Биотип из популяции	Высота растения, см			Масса 1000 зерен, г		
		2024 г.	2025 г.	Среднее	2024 г.	2025 г.	Среднее
2 (1)	Сова-1	125	127	126	10.8	8.9	9.8
2 (2)	Сова-2	140	133	137	9.7	12.2	11.0
4 (1)	TLI-701-1	120	120	120	15.8	13.2	14.5
4 (2)	TLI-701-2	105	118	112	14.8	10.4	12.6
6 (1)	TLI-703-1	150	135	143	11.4	13.0	12.2
6 (2)	TLI-703-2	120	132	126	11.8	11.5	11.6
8 (1)	TLI-704-1	135	125	130	10.6	11.3	11.0
8 (2)	TLI-704-2	115	133	124	9.6	10.5	10.0
10 (1)	TLI-801-1	125	135	130	13.1	15.4	14.3
10 (2)	TLI-801-2	120	152	136	13.6	14.6	14.1
12 (1)	Популяция № 7-1	150	130	140	10.1	9.1	9.6
14 (1)	Популяция № 22-1	150	135	143	10.9	10.8	10.8
16 (1)	Популяция № 61-1	140	125	133	12.0	18.6	15.3
18 (1)	Популяция № 65-1	114	127	121	11.6	10.6	11.1
18 (2)	Популяция № 65-2	147	140	144	13.5	12.6	13.1
$X_{cp.}$		130	131	131	12.0	12.2	12.1
X_{max}		150	152	143	15.8	18.6	14.5
X_{min}		115	118	112	9.6	8.9	9.6
HCP_{05}		8	5	5	1.0	1.4	0.8

большинстве случаев достоверно различались, что, вероятно, обусловлено генотипически. Реакция биотипов на условия года также была различной, отдельные биотипы имели существенные различия по годам по высоте растений. Например, высота растений биотипа TLI-801-2 в 2024 г. составила 120 см, а в 2025 г. – 152 см. Однако среднее значение признака по всем биотипам практически не изменялось по годам, как и их максимальные и минимальные величины, что свидетельствует о большей стабильности биотипической популяции, в сравнении с отдельными биотипами пырея среднего. Различие по высоте растений между максимальным и минимальным значением в среднем за 2 года по всем биотипам составляло 31 см. Интерес для дальнейшей селекции представляет самый низкорослый биотип TLI-701-1 (средняя высота растений 120 см, стабильная в оба года исследований).

Масса 1000 зерен. Достоверное превышение над биотипами сорта Сова (стандарт) по массе 1000 зерен в среднем по годам изучения имели биотипы TLI-701-1 (14.5 г); TLI-801-1 (14.3 г), TLI-801-2 (14.1 г), № 61-1 (15.3 г) и 65-2 (13.1 г). Эти биотипы целесообразно оценить по потомству на изолированных площадках для выявления популяций с повышенной массой 1000 зерен и урожайностью. В университете Миннесоты изучение 242 биотипов пырея среднего в четырех пунктах в течение пяти циклов отбора подтверждает обнадеживающие темпы селекционного прогресса по увеличению массы 1000 зерен – 1.38 % за один цикл; ключевые признаки для повышения урожайности культуры –

морфометрические параметры зерновки (в основном ее длина), масса колоса и масса зерна колоса. Для улучшения признаков, связанных с урожайностью, также следует отбирать формы с более ранним цветением (Stoll et al., 2024). Приоритет следует отдавать меньшему количеству признаков при циклах отбора: в длительных экспериментах отбор по трем признакам привел к повышению урожайности на 40.5 %, тогда как отбор по 13 признакам – лишь на 15 % (DeHaan et al., 2018; Altendorf et al., 2021). В табл. 3 приведены данные изучения массы зерна биотипа и среднего числа зерен в колосе пырея сизого в 2024 и 2025 гг. В среднем масса зерна биотипов в 2024 г. была выше и составляла 24.6 г, в 2025 г. – 15.9 г.

Снижение продуктивности биотипов было связано с двумя неблагоприятными факторами погодных условий 2025 г.: во-первых, с засухой в начале вегетационного периода в июне, которая повлияла на число колосков в колосе; во-вторых, с обилием осадков в июле, в виде ливневых дождей с сильным ветром, что привело к осыпанию части зерна из колосьев. Среднее число зерен в колосе в 2024 г. 57.2 шт., в 2025 г. 30.9 шт. (см. табл. 3). Снижение числа зерен в одном колоске также свидетельствует об осыпании колосьев у биотипов. Среди изученных биотипов выделились TLI-701-2, TLI-704-1, TLI-704-2 и 14 (1) из популяции № 22, у которых масса зерна с образца в 2025 г. была на уровне или больше предшествующего года изучения и число зерен в колосе снизилось незначительно, что, вероятно, связано с большей устойчивостью к осыпанию и формированием в 2025 г. до-

Таблица 3. Масса зерна биотипа и среднее число зерен в колосе пырея среднего, 2024–2025 гг.

Table 3. Grain weight of biotype and average number of grains per spike of intermedium wheatgrass, 2024–2025

№ п/п образца и биотипа	Образец	Масса зерна биотипа, г			Число зерен в колосе, шт.		
		2024 г.	2025 г.	Среднее	2024 г.	2025 г.	Среднее
2 (1)	Сова-1	14.5	7.76	11.15	61.4	39.2	50.3
2 (2)	Сова-2	33.8	17.7	25.7	59.8	39.8	49.8
4 (1)	ТЛИ-701-1	27.6	9.67	18.64	62.0	34.4	48.2
4 (2)	ТЛИ-701-2	27.4	24.4	25.9	55.0	42	48.5
6 (1)	ТЛИ-703-1	35.7	15.1	25.4	52.4	18.2	35.3
6 (2)	ТЛИ-703-2	25.1	17.7	21.4	50.8	42.4	46.6
8 (1)	ТЛИ-704-1	8.3	19.7	14.0	49.4	40	44.7
8 (2)	ТЛИ-704-2	14.8	24.5	19.6	51.0	38.2	44.6
10 (1)	ТЛИ-801-1	31.6	7.34	19.48	67.4	32	49.7
10 (2)	ТЛИ-801-2	15.3	20	17.64	65.2	35	50.1
12 (1)	Популяция № 7	38.4	14	26.19	68.4	17.6	43
14 (1)	Популяция № 22	15.7	27.6	21.6	59.0	50	54.5
16 (1)	Популяция № 61	17.6	3.8	10.70	48.0	12.6	30.3
18 (1)	Популяция № 65-1	22.4	13.8	18.08	59.6	29.8	44.7
18 (2)	Популяция № 65-2	41.4	15.8	28.6	48.0	33.6	40.8
X_{cp}		24.6	15.9	20.3	57.2	30.9	45.4
X_{max}		41.4	27.6	28.6	68.4	50	54.5
X_{min}		8.30	3.80	10.70	48.0	12.6	28.8
HCP_{05}		5.59	3.79	3.05	3.9	5.7	4.3

Таблица 4. Среднее количество зерен в колоске у биотипов пырея среднего, 2024–2025 гг.

Table 4. Average number of grains per spikelet of intermedium wheatgrass biotypes, 2024–2025

№ п/п	Образец	Количество зерен в колоске по годам, шт.			Количество зерен в колоске в 2025 г. в сравнении с 2024 г., %	Количество зерен в колоске в 2025 г. в сравнении с 2024 г., %
		2024 г.	2025 г.	Среднее		
2 (1)	Сова-1	3.2	2.2	2.7	67.4	63.8
2 (2)	Сова-2	2.6	1.8	2.2	70.2	66.6
4 (1)	ТЛИ-701-1	3.3	2.1	2.7	63.5	55.5
4 (2)	ТЛИ-701-2	3.2	2.6	2.9	80.1	76.4
6 (1)	ТЛИ-703-1	2.3	1.0	1.7	45.4	34.7
6 (2)	ТЛИ-703-2	2.7	2.0	2.3	75.5	83.5
8 (1)	ТЛИ-704-1	2.7	2.3	2.5	82.8	81.0
8 (2)	ТЛИ-704-2	3.0	2.3	2.7	77.6	74.9
10 (1)	ТЛИ-801-1	2.9	2.3	2.6	76.9	47.5
10 (2)	ТЛИ-801-2	3.4	1.8	2.6	52.6	53.7
12 (1)	Популяция № 7	3.3	1.0	2.1	30.7	25.7
14 (1)	Популяция № 22	3.0	2.3	2.6	77.0	84.7
16 (1)	Популяция № 61	2.4	0.9	1.7	39.2	26.3
18 (1)	Популяция № 65-1	2.7	1.6	2.2	60.4	50.0
18 (2)	Популяция № 65-2	2.4	1.9	2.1	78.2	70.0
X_{cp}		2.9	1.9	2.4	65.2	59.6
X_{max}		3.4	2.6	2	82.8	84.7
X_{min}		2.3	1.0	1.3	30.7	26.3
HCP_{05}		0.2	0.3	0.1	–	–

полнительных продуктивных стеблей. Число зерен в колоске у биотипов сорта Сова (стандарт) в 2025 г. по сравнению с 2024 г. в среднем по биотипам составило 69 %, что указывает на низкую устойчивость к осыпанию. У отмеченных выше биотипов этот показатель составил от 77 до 82.8 % и в целом число зерен в колосе сохранилось больше, чем у стандарта, и составило от 76.4 до 84.7 % (табл. 4).

Один из альтернативных подходов монокультуры пырея среднего с целью компенсации недостатка влаги в засушливые годы представляет смешанный посев с многолетними бобовыми травами, например люцерной посевной (*Medicago sativa* L.), что связано с накоплением в почве доступных форм азота при смешанном посеве. Межвидовая конкуренция при смешанном посеве, как правило, отсутствует, напротив, улучшается минеральное питание пырея среднего и повышается его урожайность (Li et al., 2020; Mårtensson et al., 2022). Необходимы дополнительные исследования оценки экологических и экономических преимуществ многолетней культуры, совершенствование стратегии отбора с целью повышения урожайности зерна для получения сортов пырея среднего, адаптированных к условиям Западной Сибири.

Заключение

Проведенные исследования по оценке биотипов, отобранных в популяциях различных образцов коллекции пырея среднего, в сравнении с лучшими биотипами, выделенными из популяции стандартного сорта Сова, свидетельствуют о перспективности селекции на снижение высоты растений, увеличение массы 1000 зерен и повышение устойчивости к осыпанию зерна. Отобранные биотипы TLI-701-1, TLI-801-1, TLI-801-2, № 61-1 и 65-2 с повышенной массой 1000 зерен (13.1–15.3 г), достоверно превышающие по данному показателю лучшие биотипы стандартного сорта Сова, а биотипы TLI-701-2, TLI-704-1, TLI-704-2, 14 (1) из популяции № 22 с повышенной устойчивостью к осыпанию (сохранность зерен в колоске 76.4–84.7 %), представляют интерес для дальнейшей селекции в условиях Западной Сибири.

Список литературы / References

Гончаров Н.П. От пырейно-пшеничных и горохо-акациевых гибридов до многолетней пшеницы: к юбилею академика Н.В. Цицина. *Письма в Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2023;9(3):132-161. doi 10.18699/LettersVJ-2023-9-17
[Goncharov N.P. From wheatgrass-wheat and pea-acacia hybrids to perennial wheat: to the anniversary of Academician Nikolai V. Tsitsin. *Pismav Vavilovskii Zhurnal Genetiki i Seleksii = Lett Vavilov J Genet Breed*. 2023;9(3):132-161. doi 10.18699/LettersVJ-2023-9-17 (in Russian)]
Методические указания. Изучение коллекции пшеницы. Л.: ВИР, 1985 [Methodological guidelines. Collection for the study of wheat. Leningrad: VIR, 1985 (in Russian)]
Потоцкая И.В., Шаманин В.П., Айдаров А.Н., Моргунов А.И. Использование пырея среднего (*Thinopyrum intermedium*) в селекции. *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2022;26(5):413-421. doi 10.18699/VJGB-22-51
[Pototskaya I.V., Shamanin V.P., Aydarov A.N., Morgounov A.I. The use of wheatgrass (*Thinopyrum intermedium*) in breeding. *Vavilovskii Zhurnal Genetiki i Seleksii = Vavilov J Genet Breed*. 2022;26(5):413-421. doi 10.18699/VJGB-22-51 (in Russian)]

Степных Н.В., Нестерова Е.В., Заргарян А.М., Копылова С.А. Стратегическое значение диверсификации растениеводства. *Земледелие*. 2022;(2):7-13. doi 10.24412/0044-3913-2022-2-7-13
[Stepnykh N.V., Nesterova E.V., Zargaryan A.M., Kopylova S.A. Strategic importance of crop production diversification. *Zemledelie*. 2022;(2):7-13. doi 10.24412/0044-3913-2022-2-7-13 (in Russian)]
Чжан Ц. Факторы и условия внешнеэкономической деятельности АПК в России в контексте современных геоэкономических вызовов. *Финансовый менеджмент*. 2025;9:332-339
[Zhang J. Factors and conditions of foreign economic activity of the agro-industrial complex in Russia in the context of modern geo-economic challenges. *Financial Management*. 2025;9:332-339 (in Russian)]
Altendorf K.R., DeHaan L.R., Heineck G.C., Zhang X., Anderson J.A. Floret site utilization and reproductive tiller number are primary components of grain yield in intermediate wheatgrass spaced plants. *Crop Sci*. 2021;61(2):1073-1088. doi 10.1002/csc.220385
DeHaan L., Christians M., Crain J., Poland J. Development and evolution of an intermediate wheatgrass domestication program. *Sustainability*. 2018;10(5):1499. doi 10.3390/SU10051499
DeHaan L., Larson S., López-Marqués R.L., Wenkel S., Gao C., Palmgren M. Roadmap for accelerated domestication of an emerging perennial grain crop. *Trends Plant Sci*. 2020;25(6):525-537. doi 10.1016/j.tplants.2020.02.004
DeHaan L.R., Annor G.A., Duchene O., Franco J.G., Gutknecht J., Jungers J.M., Peters T.E., Picasso V.D., Pinto P., Turner M.K., van der Pol L. From concept to crop: Kernza perennial grain is a work in progress. In: Sparks D.L. (Ed.). *Advances in Agronomy*. Academic Press, 2025;227-292. doi 10.1016/bs.agron.2025.05.004
Ginot C., Bathellier C., David C., Rossing W.A., Celette F., Duchene O. Introducing intermediate wheatgrass as a perennial grain crop into farming systems: insights into the decision-making process of pioneer farmers. *Agron Sustain Dev*. 2024;44(6):58. doi 10.1007/s13593-024-00993-1
Gutknecht J.L., Anderson J.A., Annor G., Bajgain P., Crews T.E., Cureton C., DeHaan L., ... Reser A., Ritter T., Krug A.S., Tautges N., Jungers J.M. Development and adoption of Kernza – a perennial grain crop for sustainable agriculture. *Plants People Planet*. 2026;1-16. doi 10.1002/ppp3.70164
Law E.P., Wayman S., Pelzer C.J., Culman S.W., Gómez M.I., DiTommaso A., Ryan M.R. Multi-criteria assessment of the economic and environmental sustainability characteristics of intermediate wheatgrass grown as a dual-purpose grain and forage crop. *Sustainability*. 2022;14(6):3548. doi 10.3390/su14063548
Li S., Barreiro A., Jensen E.S., Zhang Y., Mårtensson L.M.D. Early interspecific dynamics, dry matter production and nitrogen use in Kernza (*Thinopyrum intermedium*) – alfalfa (*Medicago sativa* L.) mixed intercropping. *Acta Agric Scand B Soil Plant Sci*. 2020;70(2):165-175. doi 10.1080/09064710.2019.1686164
Mårtensson L.M.D., Barreiro A., Li S., Jensen E.S. Agronomic performance, nitrogen acquisition and water-use efficiency of the perennial grain crop *Thinopyrum intermedium* in a monoculture and intercropped with alfalfa in Scandinavia. *Agron Sustain Dev*. 2022;42(2):21. doi 10.1007/s13593-022-00752-0
Morgounov A., Shchuklina O., Pototskaya I., Aydarov A., Shamanin V. Perennial grains in Russia: history, status, and perspectives. *Crops*. 2025;5(4):46. doi 10.3390/crops5040046
Ryan M.R., Crews T.E., Culman S.W., DeHaan L.R., Hayes R.C., Jungers J.M., Bakker M.G. Managing for multifunctionality in perennial grain crops. *Bioscience*. 2018;68(4):294-304. doi 10.1093/biosci/biy014
Stoll H., Bajgain P., Anderson J. Assessing genetic gain in an intermediate wheatgrass improvement program: a retrospective analysis. *Crop Sci*. 2024;64(6):3153-3162. doi 10.1002/csc.221338
Tang F.H.M., Crews T.E., Brunzell N.A., Vico G. Perennial intermediate wheatgrass accumulates more soil organic carbon than annual winter wheat – A model assessment. *Plant Soil*. 2023;494(1):509-528. doi 10.1007/s11104-023-06298-8

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила в редакцию 17.02.2026. После доработки 19.03.2026. Принята к публикации 24.03.2026.