

## ИЗУЧЕНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ РАСТЕНИЙ

Научная статья

УДК 633.11:632.4

DOI: 10.30901/2227-8834-2025-2-57-67



### Использование метаболомного профилирования для оценки образцов *Aegilops tauschii* Coss. различного географического происхождения из коллекции ВИР

Т. В. Шеленга<sup>1</sup>, Л. Л. Малышев<sup>1</sup>, М. Х. Белоусова<sup>2</sup>, Ю. В. Иванова<sup>1</sup>, Ю. А. Керв<sup>1</sup>, В. С. Попов<sup>1</sup>, В. И. Хорева<sup>1</sup>,  
Н. Н. Чикида<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия

<sup>2</sup> Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Дагестанская опытная станция – филиал ВИР, Дербентский район, Россия

Автор, ответственный за переписку: Юлия Вадимовна Иванова, [yivanova@vir.nw.ru](mailto:yivanova@vir.nw.ru)

**Актуальность.** *Aegilops tauschii* Coss. – диплоидный вид злаков, который является носителем генома D полиплоидной пшеницы, обуславливающего хлебопекарные свойства мягкой пшеницы. *A. tauschii* часто используется для селекционного улучшения старых и создания новых сортов *Triticum aestivum* L.

В коллекции Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР) содержится более 5000 образцов 27 видов рода *Aegilops* L. различного эколого-географического происхождения. Выявление образцов – доноров хозяйственно ценных признаков предполагает углубленное изучение коллекционного материала, в том числе выявление зависимости биохимических показателей от региона происхождения образца. Для оценки различий образцов семян *A. tauschii*, происходящих из регионов с контрастными климатическими условиями, применили метод метаболомного профилирования.

**Материалы и методы.** Материалом для изучения послужили два контрастных по происхождению образца *A. tauschii* из коллекции ВИР: к-1958 из Ирана и к-340 из Азербайджана, выращенные на Дагестанской опытной станции – филиале ВИР.

**Результаты и заключение.** Установлена достоверность отличий метаболомных профилей образцов зерновок *A. tauschii*, происходящих из регионов с контрастным климатом: субтропический полусухой (Азербайджан) и субтропический влажный (Иран).

**Ключевые слова:** эгилопсы, мягкая пшеница, неспецифическое метаболомное профилирование, климатические условия

**Благодарности:** работа выполнена в рамках государственного задания согласно тематическому плану ВИР по проекту № FGEM-2022-0009 «Структурирование и раскрытие потенциала наследственной изменчивости мировой коллекции зерновых и крупяных культур ВИР для развития оптимизированного генбанка и рационального использования в селекции и растениеводстве».

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

**Для цитирования:** Шеленга Т.В., Малышев Л.Л., Белоусова М.Х., Иванова Ю.В., Керв Ю.А., Попов В.С., Хорева В.И., Чикида Н.Н. Использование метаболомного профилирования для оценки образцов *Aegilops tauschii* Coss. различного географического происхождения из коллекции ВИР. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2025;186(2):57-67. DOI: 10.30901/2227-8834-2025-2-57-67

## STUDYING AND UTILIZATION OF PLANT GENETIC RESOURCES

Original article

DOI: 10.30901/2227-8834-2025-2-57-67

### The use of metabolomic profiling to evaluate *Aegilops tauschii* Coss accessions of various geographical origin from the VIR collection

Tatiana V. Shelenga<sup>1</sup>, Leonid L. Malyshev<sup>1</sup>, Maria Kh. Belousova<sup>2</sup>, Yulia V. Ivanova<sup>1</sup>, Yulia A. Kerv<sup>1</sup>, Vitaliy S. Popov<sup>1</sup>, Valentina I. Khoreva<sup>1</sup>, Nadezhda N. Chikida<sup>1</sup>

<sup>1</sup> N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia

<sup>2</sup> N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, Dagestan Experiment Station – branch of VIR, Derbentsky District, Russia

**Corresponding author:** Yulia V. Ivanova, [y.ivanova@vir.nw.ru](mailto:y.ivanova@vir.nw.ru)

**Background.** *Aegilops tauschii* Coss. is a diploid cereal species carrying the D genome of polyploid wheat, which determines the baking properties of bread wheat. *A. tauschii* is often used to improve old cultivars of *Triticum aestivum* L. through breeding, and develop new ones. The collection of the N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR) contains over 5,000 accessions of 27 *Aegilops* L. spp. of various ecogeographic origin, serving as a breeding resource. Identifying donors of valuable agronomic traits involves an in-depth study of the collection materials, including finding the dependence of biochemical parameters on the region of the accession's origin. Metabolomic profiling was applied to assess the differences between *A. tauschii* seed accessions originating from regions with contrasting climate conditions.

**Materials and methods.** Two accessions of *A. tauschii* from the VIR collection, contrasting in their origin, served as the material for the study: k-1958 from Iran, and k-340 from Azerbaijan. Both were grown at Dagestan Experimental Station of VIR.

**Results and conclusion.** Statistically significant differences were found between the metabolomic profiles of *A. tauschii* seed accessions originating from regions with contrasting climates: subtropical semi-arid (Azerbaijan), and subtropical humid (Iran).

**Keywords:** *Aegilops*, bread wheat, nonspecific metabolomic profiling, climate conditions

**Acknowledgements:** the work was carried out within the framework of the state task according to the theme plan of VIR, Project No. FGEM-2022-0009 "Structuring and disclosing the potential of hereditary variation in the global collection of cereal and goat crops at VIR for the development of an optimized genebank and its sustainable utilization in plant breeding and crop production".

The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

**For citation:** Shelenga T.V., Malyshev L.L., Belousova M.Kh., Ivanova Yu.V., Kerv Yu.A., Popov V.S., Khoreva V.I., Chikida N.N. The use of metabolomic profiling to evaluate *Aegilops tauschii* Coss accessions of various geographical origin from the VIR collection. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2025;186(2):57-67. DOI: 10.30901/2227-8834-2025-2-57-67

## Введение

Род *Aegilops* L. является ближайшим родственником рода *Triticum* L., который объединяет культурные формы пшеницы (Rakszegi et al., 2020). Род *Aegilops* представлен диплоидными, тетраплоидными и гексаплоидными видами с шестью различными диплоидными геномами (D, S, U, C, N и M). Поскольку виды *Aegilops* не были окультурены, они сохранили значительное генетическое разнообразие (Rawat et al., 2018; Kolesova et al., 2020). *Aegilops tauschii* Coss. – диплоидный дикий вид, который является донором генома D *Triticum aestivum* L., обуславливающего хлебопекарные свойства мягкой пшеницы (Konarev, 1980). Среди видов *Aegilops A. tauschii* имеет широкое географическое распространение, то есть вид хорошо адаптируется к разнообразным условиям окружающей среды (Kalia et al., 2016; Majka et al., 2017). Тесное эволюционное родство, разнообразие генов и относительно легкая скрещиваемость (Zhang et al., 2018) делают этот вид особенно интересным для улучшения культивируемых видов семейства Poaceae, таких как пшеница и тритикале, которые являются одними из важнейших сельскохозяйственных культур в мире и Российской Федерации (Niu et al., 2018; Plotnikova et al., 2022).

В коллекции Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР) содержится более 5000 образцов 27 видов рода *Aegilops* различного эколого-географического происхождения.

Углубленное изучение коллекционного материала с применением современных аналитических подходов даст возможность улучшить отбор образцов – доноров хозяйственно ценных признаков для селекции по улучшению качества зерна современных сортов зерновых культур. В текущем исследовании нашей задачей было установить возможную зависимость биохимических характеристик образцов семян *A. tauschii* от региона их происхождения с перспективой использования выявленных закономерностей для отбора источников хозяйственно ценных признаков.

Для анализа образцов *A. tauschii* решили применить неспецифическое метаболомное профилирование, ранее использовавшееся в ВИР для оценки образцов зерна злаковых культур (Shelenga et al., 2020; Loskutov et al., 2022; Malysheva et al., 2023).

## Материалы и методы

Материалом для изучения послужили образцы *A. tauschii* из регионов с контрастными климатическими условиями: к-1958 (Иран) и к-340 (Азербайджан). Для региона Гилян, населенного пункта Решт Ирана характерен субтропический влажный климат, для территории Нагорного Карабаха, административного района Степанакертский, населенного пункта Горов Азербайджана – субтропический полусухой. Семена, выращенные на Дагестанской опытной станции – филиале ВИР (Дагестанская ОС ВИР), собрали в фазу технической спелости. Метаболомное профилирование (МП): пробоподготовку и анализ проводили в соответствии с методами, принятыми в ВИР (Shelenga et al., 2020; Loskutov et al., 2022; Malysheva et al., 2023). Зерна очищали от колосковых чешуй, размалывали; 50 мг муки образца гомогенизировали с 500 мкл метанола; 100 мкл экстракта выпаривали досуха на установке CentriVap Concentrator фирмы Labconco (США). Сухой остаток силилировали с помощью бис(триметилсилил)трифторацетамида. Раз-

деление триметилсилильных эфиров метаболитов проводили с помощью капиллярной колонки HP-5MS 5% фенил 95% метилполисилоксан (30,0 м, 250,00 мкм, 0,25 мкм) на газовом хроматографе Agilent 6850 с квадрупольным масс-селективным детектором Agilent 5975B VL MSD фирмы Agilent Technologies (США). Внутренним стандартом служил раствор трикозана в пиридине (1 мкг/мкл). Полученные результаты обрабатывались с помощью программы UniChrom и AMDIS. Идентификацию пиков проводили с помощью библиотек масс-спектров NIST 2010, Научного парка СПбГУ (Санкт-Петербургский государственный университет) и Ботанического института им. В.Л. Комарова Российской академии наук (Puzanskiy et al., 2015).

Для выявления степени достоверности различий между МП к-1958 и к-340 провели статистическую обработку данных: однофакторный дисперсионный анализ (ANOVA). Для выявления закономерностей изменчивости и структуры связей изученных признаков (метаболитов) осуществили факторный анализ (по методу главных компонент).

## Результаты

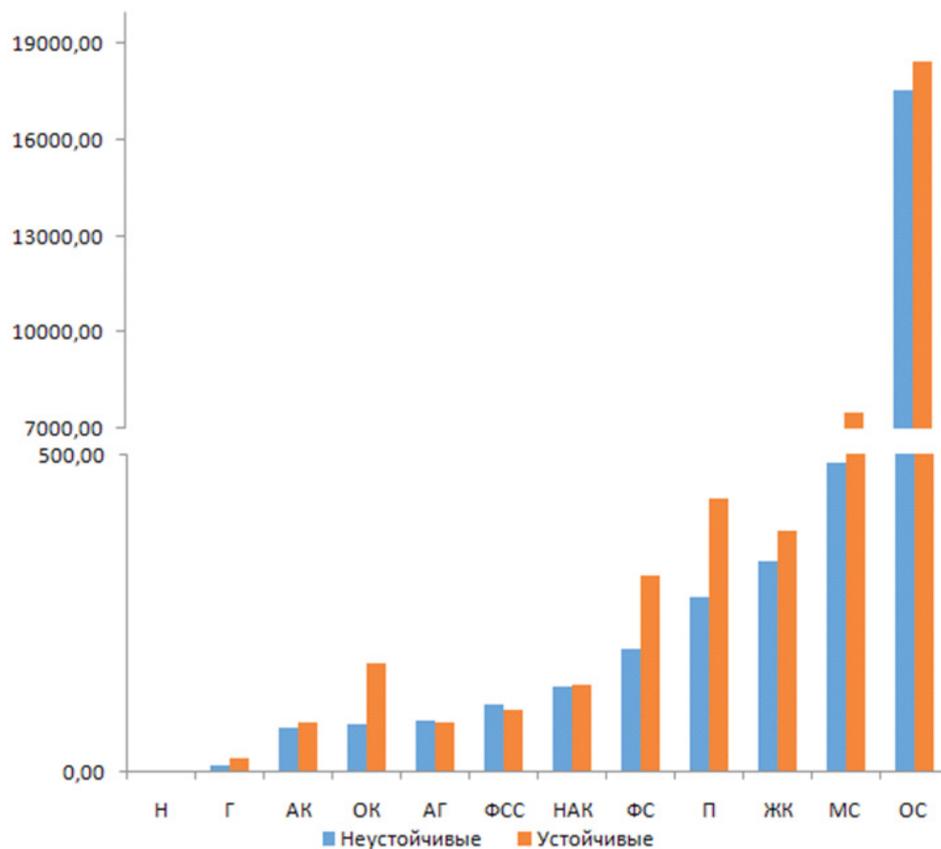
В результате анализа образцов семян к-1958 (Иран) и к-340 (Азербайджан) установлено, что в МП к-1958 преобладали органические, свободные жирные кислоты, фитостеролы, полиолы, моносахара, фитостеролы, нуклеозиды, гликозиды, а в МП к-340 – олигосахариды и ацилглицеролы. Группа аминокислот (протеиногенные и непротеиногенные) была представлена в равной степени в МП обоих образцов (рис. 1).

Однофакторный дисперсионный анализ (ANOVA) подтвердил достоверность различий по содержанию первичных и вторичных метаболитов между образцами *A. tauschii*. При  $p < 0,05$  контрастные образцы различались по интенсивности синтеза большинства идентифицированных веществ: кислот, включая фосфорную и метилфосфорную, свободных аминокислот, включая небелковые, моно- и олигосахаров, многоатомных спиртов, фитостеролов, свободных жирных кислот, ацилглицеролов, сахарных остатков гликозидов, нуклеозида, фенолсодержащих веществ. С достоверностью  $0,05 < p < 0,1$  выявлены различия по накоплению аспарагиновой, глутаминовой кислот и мелибиозы (таблица).

Для выявления закономерностей изменчивости и структуры связей изученных признаков (метаболитов) провели факторный анализ (по методу главных компонент) (рис. 2).

Анализ выявил 3 фактора, описывающих 100% дисперсии признаков. С действием первого фактора, на который приходится 50,5% дисперсии, связано большинство (62) идентифицированных компонентов МП *A. tauschii*. В структуру второго и третьего фактора (24,1 и 25,4% дисперсии) вошло 24 и 28 компонентов соответственно (см. таблицу).

МП образцов *A. tauschii* различались между собой накоплением соединений цикла Кребса и энергетического (гликолиз, пентозофосфатный шунт) обмена: окисления отдельных сахаров (ксилозы, рибозы, галактозы, фруктозы, маннозы), глюкороната, нуклеотидов, пурина и пиримидина, крахмала и сахарозы. Наблюдались различия в метаболизме отдельных аминокислот (валина, лейцина, изолейцина, аргинина, фенилаланина, тирозина и триптофана). Дегградация лизина привела к накоплению пипеколиновых кислот. В МП образца к-1958



**Рис. 1.** Группы соединений метаболомного профиля образцов семян к-1958 (Иран) (выделены красным цветом) и к-340 (Азербайджан) (выделены синим цветом) *Aegilops tauschii* Coss. из коллекции ВИР:

Н (нуклеозиды), Г (гликозиды), АК (аминокислоты), ОК (органические кислоты), АГ (ацилглицеролы), ФСС (фенолсодержащие соединения), НАК (непротеиногенные аминокислоты), ФС (фитостеролы), П (полиолы), ЖК (жирные кислоты), МС (моносахара), ОС (олигосахара)

**Fig. 1.** Groups of compounds from the metabolic profiles of *Aegilops tauschii* Coss. seed accessions k-1958 (Iran) (highlighted in red) and k-340 (Azerbaijan) (highlighted in blue) from the VIR collection: Н (nucleosides), Г (glycosides), АК (amino acids), ОК (organic acids), АГ (acylglycerols), ФСС (phenol-containing compounds), НАК (non-proteinogenic amino acids), ФС (phytosterols), П (polyols), ЖК (fatty acids), МС (monosaccharides), ОС (oligosaccharides)

**Таблица.** Результаты сравнительного анализа и факторная структура изменчивости метаболитов образцов семян к-1958 (Иран) и к-340 (Азербайджан) *Aegilops tauschii* Coss. из коллекции ВИР

**Table.** Results of comparative analysis and factor structure of variability for metabolites of *Aegilops tauschii* Coss. seed accessions k-1958 (Iran) and k-340 (Azerbaijan) from the VIR collection

Признак / Character	Критерий Фишера / F	Уровень достоверности / p	Фактор 1 / Factor 1	Фактор 2 / Factor 2	Фактор 3 / Factor 3
<b>органические кислоты</b>					
молочная кислота	22,59	0,009**	<b>0,811</b>	0,390	0,436
пировиноградная кислота	39,18	0,003**	<b>0,690</b>	-0,069	<b>0,720</b>
метилмалоновая кислота	18,48	0,013**	<b>0,967</b>	0,224	0,125
щавелевая кислота	1,90	0,240	0,470	<b>0,823</b>	0,319
3-гидроксипропионовая кислота	38,22	0,003**	<b>-0,839</b>	-0,309	-0,448
метилфосфат	50,06	0,002**	<b>0,759</b>	-0,208	<b>0,617</b>
бензойная кислота	4,98	0,089*	-0,360	0,281	<b>-0,890</b>
фосфорная кислота	43,24	0,003**	<b>0,710</b>	-0,120	<b>0,694</b>
никотиновая кислота	2,51	0,188	0,165	-0,040	<b>0,986</b>

Таблица. Продолжение  
Table. Continued

Признак / Character	Критерий Фишера / F	Уровень достоверности / p	Фактор 1 / Factor 1	Фактор 2 / Factor 2	Фактор 3 / Factor 3
малеиновая кислота	0,16	0,709	0,232	<b>0,972</b>	-0,018
янтарная кислота	71,50	0,001**	<b>-0,740</b>	-0,016	<b>-0,672</b>
глицериновая кислота	116,70	0,000**	<b>0,778</b>	0,065	<b>0,625</b>
фумаровая кислота	0,07	0,799	-0,022	<b>0,969</b>	-0,244
яблочная кислота	142,54	0,000**	<b>0,937</b>	0,066	0,344
салициловая кислота	20,30	0,011**	<b>0,646</b>	0,254	<b>0,720</b>
эритроновая кислота	24,06	0,008**	<b>0,671</b>	0,247	<b>0,699</b>
пирогалловая кислота	61,40	0,001**	<b>0,940</b>	0,159	0,301
2,3 дигидроксibenзойная кислота	0,10	0,766	0,157	<b>0,987</b>	0,037
азелаиновая кислота	10,75	0,031**	0,596	-0,414	<b>0,688</b>
рибоновая кислота	97,66	0,001**	<b>0,762</b>	0,013	<b>0,648</b>
галактуроновая кислота	254,75	0,000**	<b>0,818</b>	0,072	0,570
глюконовая кислота	43,63	0,003**	<b>0,921</b>	0,234	0,311
кофейная кислота	195,67	0,000**	<b>0,854</b>	0,141	0,501
гулоновая кислота	33,53	0,004**	<b>0,708</b>	-0,211	<b>0,674</b>
<b>свободные аминокислоты</b>					
α-аланин	27,29	0,006**	<b>-0,776</b>	-0,349	-0,526
глицин	29,70	0,006**	<b>0,700</b>	-0,234	<b>0,674</b>
L-валин	20,17	0,011**	<b>-0,657</b>	-0,283	<b>-0,699</b>
изолейцин	4,03	0,115	<b>0,643</b>	<b>-0,703</b>	0,304
пролин	0,12	0,751	0,150	<b>-0,986</b>	0,080
серин	0,03	0,878	0,041	<b>0,995</b>	0,089
треонин	44,69	0,003**	<b>0,954</b>	-0,158	0,256
оксипролин	8,76	0,042**	0,501	-0,313	<b>0,806</b>
аспарагиновая кислота	4,35	0,105*	-0,579	<b>0,682</b>	-0,447
глутаминовая кислота	6,00	0,070*	<b>-0,812</b>	-0,569	-0,130
глутамин	68,23	0,001**	<b>0,873</b>	0,232	0,429
фенилаланин	1,69	0,264	-0,533	<b>0,830</b>	-0,165
аспарагин	17,36	0,014**	<b>-0,815</b>	0,428	-0,392
тирозин	41,56	0,003**	<b>0,870</b>	-0,286	0,402
триптофан	0,49	0,523	0,306	<b>0,944</b>	0,126
<b>непротеиногенные аминокислоты</b>					
3-гидроксипипеколиновая кислота	0,02	0,897	0,125	<b>0,988</b>	-0,088
пипеколиновая кислота	38,30	0,003**	<b>0,685</b>	0,049	<b>0,726</b>
5-гидроксипипеколиновая кислота	0,31	0,609	-0,033	<b>0,868</b>	-0,495

Таблица. Продолжение  
Table. Continued

Признак / Character	Критерий Фишера / F	Уровень достоверности / p	Фактор 1 / Factor 1	Фактор 2 / Factor 2	Фактор 3 / Factor 3
<b>полиолы</b>					
глицерол	11,08	0,029**	0,582	0,383	<b>0,718</b>
треитол	15,53	0,017**	<b>-0,687</b>	-0,412	-0,598
арабинитол	4,06	0,114	<b>-0,854</b>	0,515	0,075
дульцитол	28,92	0,006**	<b>0,874</b>	0,332	0,355
маннитол	3,38	0,140	0,546	<b>0,732</b>	0,407
хиро-инозитол	0,03	0,881	0,107	<b>-0,930</b>	-0,353
мио-инозитол	226,69	0,000**	<b>0,925</b>	-0,055	0,376
галактинол	63,05	0,001**	<b>0,963</b>	-0,058	0,262
<b>фитостеролы</b>					
стигмастерол	0,53	0,508	-0,358	<b>-0,932</b>	-0,055
кампестерол	7,18	0,055**	<b>0,743</b>	0,593	0,310
ситостерол	17,54	0,014**	<b>0,702</b>	0,393	0,594
<b>свободные жирные кислоты</b>					
пеларгоновая кислота	5,31	0,083*	<b>-0,713</b>	<b>0,645</b>	-0,273
ундециловая кислота	0,18	0,690	0,004	<b>0,906</b>	0,423
пальмитиновая кислота	8,05	0,047**	<b>0,790</b>	0,556	0,257
гидроксиоктодекановая кислота	17,27	0,014**	0,581	-0,064	<b>0,811</b>
линолевая кислота	15,94	0,016**	0,567	0,062	<b>0,821</b>
олеиновая кислота	417,98	0,000**	<b>0,916</b>	-0,024	0,400
вакценовая кислота	1,96	0,234	0,214	0,567	<b>0,796</b>
стеариновая кислота	0,61	0,478	-0,040	<b>0,730</b>	<b>-0,683</b>
арахиновая кислота	33,54	0,004**	<b>-0,712</b>	-0,227	<b>-0,664</b>
бегеновая кислота	0,62	0,476	0,060	<b>0,763</b>	<b>0,643</b>
гидроксигексакозеновая кислота	169,70	0,000**	<b>0,938</b>	0,005	0,346
гидроксиоктакозеновая кислота	1,49	0,290	-0,349	<b>0,823</b>	-0,447
<b>ацилглицеролы</b>					
моноацилглицерол паль- митиновой кислоты	1,52	0,285	-0,508	<b>0,845</b>	-0,169
моноацилглицерол лино- леновой кислоты	197,59	0,000**	<b>-0,909</b>	0,108	-0,402
моноацилглицерол олеи- новой кислоты	3,70	0,127	-0,599	<b>-0,722</b>	-0,347
диацилглицерол	54,92	0,002**	<b>0,955</b>	-0,127	0,269

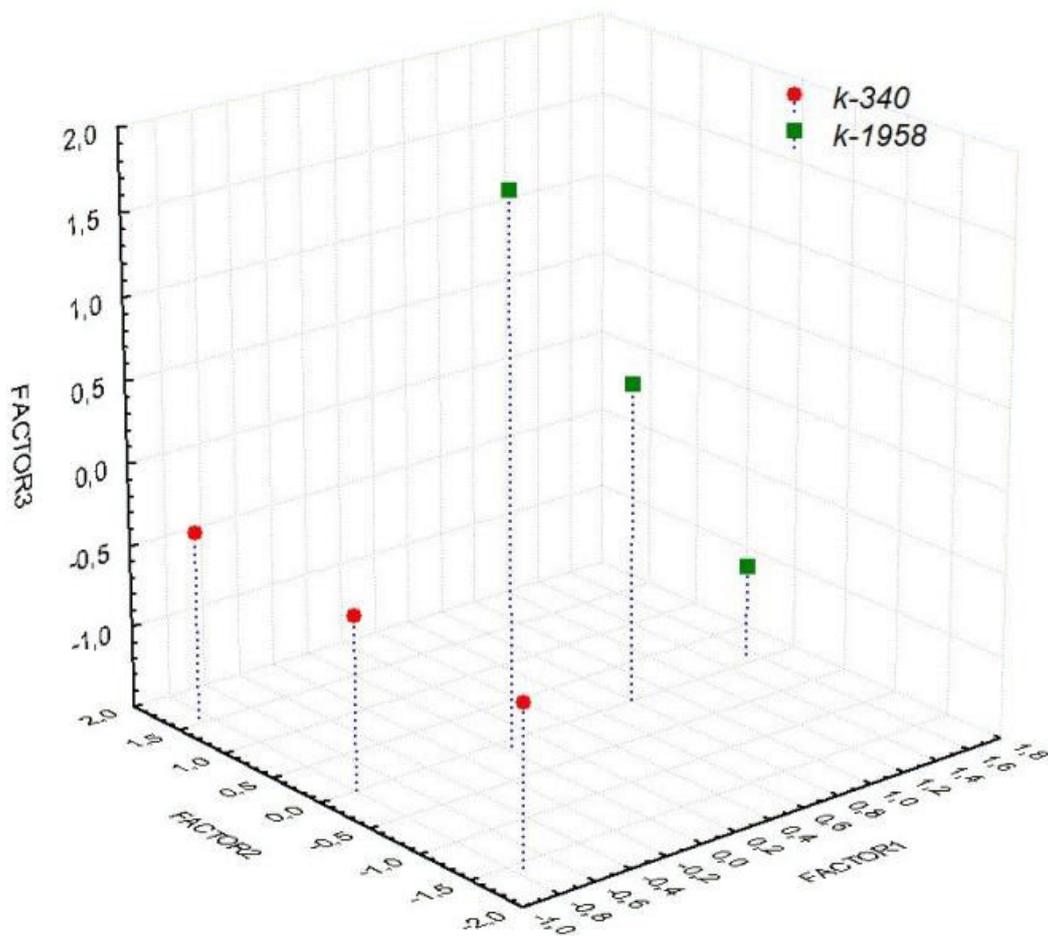
Таблица. Окончание  
Table. The end

Признак / Character	Критерий Фишера / F	Уровень достоверности / p	Фактор 1 / Factor 1	Фактор 2 / Factor 2	Фактор 3 / Factor 3
<b>моносахара</b>					
глицерол-3 фосфат	33,93	0,004**	<b>0,687</b>	0,149	<b>0,711</b>
рибоза	34,59	0,004**	<b>-0,826</b>	0,320	-0,463
ксилоза	19,65	0,011**	<b>0,893</b>	-0,360	0,270
фруктоза	731,04	0,000**	<b>0,855</b>	0,067	0,514
сорбоза	106,97	0,000**	<b>-0,897</b>	0,171	-0,407
галактоза	4457,26	0,000**	<b>0,889</b>	-0,001	0,458
глюкоза	1089,43	0,000**	<b>0,844</b>	-0,001	0,536
манноза	522,57	0,000**	<b>0,910</b>	-0,033	0,413
<b>олигосахара</b>					
сахароза	18,17	0,013**	<b>0,921</b>	0,332	0,204
мальтоза	7111,59	0,000**	<b>0,886</b>	-0,001	0,463
мелибиоза	6,79	0,060*	<b>-0,674</b>	<b>0,606</b>	-0,423
раффиноза	109,42	0,000**	<b>-0,813</b>	-0,164	-0,559
стахиоза	88,48	0,001**	<b>-0,889</b>	0,194	-0,414
<b>гликозиды</b>					
галактопиранозид	19,08	0,012**	0,594	-0,016	<b>0,804</b>
2-О-глицерол-d-галактопиранозид	635,36	0,000**	<b>0,898</b>	-0,056	0,436
<b>нуклеозиды</b>					
аденозин	284,51	0,000**	<b>0,814</b>	-0,030	0,580
<b>фенолсодержащие соединения</b>					
гидрохинон	11,13	0,029**	<b>-0,951</b>	0,304	-0,054
α-токоферол	42,46	0,003**	<b>0,721</b>	-0,168	<b>0,672</b>
кемпферол-7-О-глюкозид	3,60	0,131	<b>-0,823</b>	-0,564	0,069
салициловая кислота	35,88	0,004**	<b>0,680</b>	-0,061	<b>0,731</b>
пирогалловая кислота	93,65	0,001**	<b>0,955</b>	0,015	0,297
2,3 дигидроксibenзойная кислота	0,86	0,406	0,526	<b>-0,847</b>	-0,078
кофейная кислота	33,96	0,004	<b>0,681</b>	0,119	<b>0,723</b>
сумма факторных нагрузок			50,493	24,080	25,427

Примечание: \* – близкие к достоверным, (0,05 < p < 0,1); \*\* – достоверные (p < 0,05); жирным шрифтом выделены соединения, входящие в состав соответствующих факторов

Note: \* – close to significant (0.05 < p < 0.1); \*\* – significant (p < 0.05); compounds that are part of the relevant factors are boldfaced





**Рис. 3.** Дифференциация образцов зерновок к-1958 (Иран) и к-340 (Азербайджан) (биологические параллельные) *Aegilops tauschii* Coss. в пространстве выделенных факторов

**Fig. 3.** Differentiation of the grains of *Aegilops tauschii* Coss. accessions k-1958 (Iran) and k-340 (Azerbaijan) (biological parallels) in the space of the selected factors

#### References / Литература

- Kalia B., Wilson D.L., Bowden R.L., Singh R.P., Gill B.S. Adult plant resistance to *Puccinia triticina* in a geographically diverse collection of *Aegilops tauschii*. *Genetic Resources and Crop Evolution*. 2017;64(5):913-926. DOI: 10.1007/s10722-016-0411-2
- Kolesova M.A., Chikida N.N., Belousova M.Kh., Tyryshkin L.G. Effective resistance to powdery mildew in *Aegilops* L. accessions. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2020;181(3):135-140. [in Russian] (Колесова М.А., Чикида Н.Н., Белоусова М.Х., Тырышкин Л.Г. Эффективная устойчивость образцов рода *Aegilops* L. к мучнистой росе. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2020;181(3):135-140). DOI: 10.30901/2227-8834-2020-3-135-140
- Konarev V.G. Wheat proteins (Belki pshenitsy). Moscow: Kolos; 1980. [in Russian] (Конарев В.Г. Белки пшеницы. Москва: Колос; 1980).
- Loskutov I.G., Shelenga T.V., Konarev A.V., Khoreva V.I., Kerv Yu.A., Blinova E.V. et al. Assessment of oat varieties with different levels of breeding refinement from the Vavilov Institute's collection applying the method of metabolomic profiling. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2022;183(1):104-117. DOI: 10.30901/2227-8834-2022-1-104-117
- Majka M.M., Kwiatek M.T., Majka J., Wisniewska H. *Aegilops tauschii* accessions with geographically diverse origin show differences in chromosome organization and polymorphism of molecular markers linked to leaf rust and powdery mildew resistance genes. *Frontiers in Plant Science*. 2017;8:1149. DOI: 10.3389/fpls.2017.01149
- Malysheva N.Yu., Shelenga T.V., Solovyeva A.E., Nagiev T.B., Kovaleva N.V., Malyshev L.L. Metabolomic approach to investigate *Dactylis glomerata* L. from the VIR collection. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2023;27(2):111-118. DOI: 10.18699/VJGB-23-16
- Niu Z., Chao S., Cai X., Whetten R.B., Breiland M., Cowger C. et al. Molecular and cytogenetic characterization of six wheat-*Aegilops markgrafii* disomic addition lines and their resistance to rusts and powdery mildew. *Frontiers in Plant Science*. 2018;9:1616. DOI: 10.3389/fpls.2018.01616
- Plotnikova L.Ya., Pozherukova V.E., Knaub V.V., Lysenko N.S. Resistance of the *Triticum* and *Aegilops* species to drought

- and fungal diseases in Western Siberia. *Vestnik of Omsk SAU*. 2022;3(47):49-63. [in Russian] [Плотникова Л.Я., Пожерукова В.Е., Кнауф В.В., Лысенко Н.С. Устойчивость видов родов *Triticum* и *Aegilops* к засухе и грибным болезням в Западной Сибири. *Вестник Омского ГАУ*. 2022;3(47):49-63]. DOI: 10.48136/2222-0364\_2022\_3\_49
- Puzanskiy R.K., Shavarda A.L., Tarakhovskaya E.R., Shishova M.F. Analysis of metabolic profile of *Chlamydomonas reinhardtii* cultivated under autotrophic conditions. *Applied Biochemistry and Microbiology*. 2015;51(1):83-94. DOI: 10.1134/S0003683815010135
- Rakszegi M., Molnár I., Darkó É., Tiwari V.K., Shewry P. Editorial: *Aegilops*: promising genesources to improve agronomical and quality traits of wheat. *Frontiers in Plant Science*. 2020;11:1060. DOI: 10.3389/fpls.2020.01060
- Rawat N., Schoen A., Singh L., Mahlandt A., Wilson D.L., Liu S. et al. TILL-D: An *Aegilops tauschii* TILLING resource for wheat improvement. *Frontiers in Plant Science*. 2018;9:1665. DOI: 10.3389/fpls.2018.01665
- Shelenga T.V., Malyshev L.L., Kerv Yu.A., Diubenko T.V., Konarev A.V., Horeva V.I. et al. Metabolomic approach to search for fungal resistant forms of *Aegilops tauschii* Coss. from the VIR collection. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2020;24(3):252-258. DOI: 10.18699/VJ20.618
- Zhang D., Zhou Y., Zhao X., Lv L., Zhang C., Li J. et al. Development and utilization of introgression lines using synthetic octaploid wheat (*Aegilops tauschii* × hexaploid wheat) as donor. *Frontiers in Plant Science*. 2018;9:1113. DOI: 10.3389/fpls.2018.01113

### Информация об авторах

**Татьяна Васильевна Шеленга**, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, 190000 Россия, Санкт-Петербург, ул. Б. Морская, 42, 44, tatianashelenga@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3992-5353>

**Леонид Леонидович Малышев**, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, 190000 Россия, Санкт-Петербург, ул. Б. Морская, 42, 44, l.malyshev@vir.nw.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8595-1336>

**Мария Хайбулаевна Белоусова**, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Дагестанская опытная станция – филиал ВИР, 368612 Россия, Республика Дагестан, Дербентский район, с. Вавилово, m.h.belousova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0980-3531>

**Юлия Вадимовна Иванова**, аспирант, Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, 190000 Россия, Санкт-Петербург, ул. Б. Морская, 42, 44, y.ivanova@vir.nw.ru, <https://orcid.org/0009-0006-4182-5377>

**Юлия Андреевна Керв**, кандидат биологических наук, научный сотрудник, Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, 190000 Россия, Санкт-Петербург, ул. Б. Морская, 42, 44, kerv@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3728-6968>

**Виталий Сергеевич Попов**, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, 190000 Россия, Санкт-Петербург, ул. Б. Морская, 42, 44, v.popov@vir.nw.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3274-7662>

**Валентина Ивановна Хорева**, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, 190000 Россия, Санкт-Петербург, ул. Б. Морская, 42, 44, horeva43@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2762-2777>

**Надежда Николаевна Чикида**, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, 190000 Россия, Санкт-Петербург, ул. Б. Морская, 42, 44, n.chikida@vir.nw.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9698-263X>

### Information about the authors

**Tatiana V. Shelenga**, Cand. Sci. (Biology), Leading Researcher, N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, 42, 44 Bolshaya Morskaya Street, St. Petersburg 190000, Russia, tatianashelenga@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3992-5353>

**Leonid L. Malyshev**, Cand. Sci. (Agriculture), Leading Researcher, N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, 42, 44 Bolshaya Morskaya Street, St. Petersburg 190000, Russia, l.malyshev@vir.nw.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8595-1336>

**Maria Kh. Belousova**, Cand. Sci. (Biology), Senior Researcher, N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, Dagestan Experiment Station – branch of VIR, Vavilovo Village, Derbentsky District 368612, Republic of Dagestan, Russia, m.h.belousova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0980-3531>

**Yulia V. Ivanova**, Postgraduate Student, N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources 42, 44 Bolshaya Morskaya Street, St. Petersburg 190000, Russia, y.ivanova@vir.nw.ru, <https://orcid.org/0009-0006-4182-5377>

**Yulia A. Kerv**, Cand. Sci. (Biology), Researcher, N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, 42, 44 Bolshaya Morskaya Street, St. Petersburg 190000, Russia, kerv@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3728-6968>

**Vitaliy S. Popov**, Cand. Sci. (Engineering), Senior Researcher, N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, 42, 44 Bolshaya Morskaya Street, St. Petersburg 190000, Russia, v.popov@vir.nw.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3274-7662>

**Valentina I. Khoreva**, Cand. Sci. (Biology), Leading Researcher, N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, 42, 44 Bolshaya Morskaya Street, St. Petersburg 190000, Russia, horeva43@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2762-2777>

**Nadezhda N. Chikida**, Cand. Sci. (Agriculture), Leading Researcher, N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources 42, 44 Bolshaya Morskaya Street, St. Petersburg 190000, Russia, n.chikida@vir.nw.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9698-263X>

**Вклад авторов:** все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

**Contribution of the authors:** the authors contributed equally to this article.

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Conflict of interests:** the authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 19.12.2024; одобрена после рецензирования 25.02.2025; принята к публикации 08.04.2025.  
The article was submitted on 19.12.2024; approved after reviewing on 25.02.2025; accepted for publication on 08.04.2025.