

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ



УДК 582.542.1

DOI: 10.30901/2658-3860-2024-3-05



Н. Ю. Лим

автор, ответственный за переписку: o.sukhanova@vir.nw.ru

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия



И. Г. Чухина

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия

Культурные ячмени Алтая в коллекции Гербария ВИР (WIR)

В гербарных коллекциях России проинвентаризировано разнообразие ячменя культурного (*Hordeum vulgare* L.), собранного на территории российской части Алтая. Сборы *H. vulgare* s.l. из этого региона представлены только в Гербарии культурных растений мира, их диких родичей и сорных растений (WIR), всего 40 образцов, за исключением еще одного гербарного листа в Алтайском государственном университете (ALTB). В коллекции WIR среди алтайских гербарных образцов ячменя культурного преобладает *H. vulgare* subsp. *vulgare* var. *pallidum* Ser. – 36 образцов. Другие разновидности представлены единичными образцами: *H. vulgare* subsp. *distichon* var. *nutans* Schuebl. – два образца, *H. vulgare* subsp. *vulgare* var. *coeleste* и *H. vulgare* subsp. *distichon* var. *erectum* Rode ex Schuebl. – по одному. На гербарных листах оформлены растения, подготовленные в результате гербаризации репродуцированных образцов алтайских стародавних сортов (ландрасов) из коллекции Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, которые были собраны на Алтае в первой половине XIX века. Изученные гербарные образцы будут использованы в исследованиях разнообразия *H. vulgare* и истории его формирования на российской части Алтая с использованием современных молекулярно-генетических методов.

Ключевые слова: *Hordeum vulgare* L., гербарные коллекции, многорядный пленчатый и голозерный ячмень, двурядный пленчатый ячмень, ландрасы

Благодарности: Работа выполнена в рамках НИР «Исследование биоресурсов в пространственном и временном аспекте с применением современных цифровых и генетических технологий» № FGEM-2024-0002.

Для цитирования: Лим Н.Ю., Чухина И.Г. Культурные ячмени Алтая в коллекции Гербария ВИР (WIR). *Vavilovia*. 2024;7(3):18-23. DOI: 10.30901/2658-3860-2024-3-05



ORIGINAL ARTICLE

DOI: 10.30901/2658-3860-2024-3-o5

Nelli Yu. Lim, Irena G. Chukhina

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia

corresponding author: Nelli Yu. Lim, o.sukhanova@vir.nw.ru

Cultivated barleys of Altai in the VIR herbarium collection (WIR)

The herbarium collections of Russia have been inventoried for determining the preserved diversity of cultivated barley (*Hordeum vulgare* L.) collected in the Russian part of Altai. It was found that the collected samples of *H. vulgare* s.l. from this region, the total of 40 accessions, are represented only in the Herbarium of Cultivated Plants of the World, their Wild Relatives and Weeds (WIR) at the N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), excluding one herbarium sheet preserved in the Altai State University (ALTB). Among the Altai herbarium accessions of cultivated barley in the WIR collection, the dominating one is *H. vulgare* subsp. *vulgare* var. *pallidum* Ser. (36 accessions). Other botanical varieties are represented by few accessions: *H. vulgare* subsp. *distichon* var. *nutans* Schuebl. by two, and *H. vulgare* subsp. *vulgare* var. *coeleste* and *H. vulgare* subsp. *distichon* var. *erectum* Rode ex Schuebl. by one each. Herbarium sheets contain plants grown from seed accessions of Altai ancient varieties (landraces) preserved at VIR, which were collected in Altai in the first half of the 19th century. The studied herbarium samples will be used in studies of the diversity of *H. vulgare* and the history of its formation in the Russian part of Altai using modern molecular genetic methods.

Keywords: *Hordeum vulgare* L., herbarium collections, six-row hulled and naked barley, two-row hulled barley, landraces

Acknowledgment: The work was carried out within the framework of the research project No. FGEM-2024-0002 "Study of bioresources regarding spatiotemporal aspects using modern digital and genetic technologies".

For citation: Lim N.Yu., Chukhina I.G. Cultivated barleys of Altai in the VIR herbarium collection (WIR). *Vavilovia*. 2024;7(3):18-23. (In Russ.). DOI: 10.30901/2658-3860-2024-3-o5



Ячмень культурный (*Hordeum vulgare* L.) – одно из древнейших возделываемых растений, широко используемое как кормовая и пищевая культура, а также в пивоварении. Многие исследования по эволюции культурного ячменя, в том числе и молекулярно-генетические, посвящены изучению процессов одомашнивания и выявлению возможных диких предков (Azhaguvel, Komatsuda, 2007; Badr et al., 2000; Brown et al., 2009; Civiň et al., 2021; Kilian, 2006; Mascher et al., 2016; Poets et al., 2015). Большинство работ по истории возделывания тех или иных растений опираются на археоботанические источники, которые с одной стороны бывают очень малочисленными, с другой – не всегда могут достоверно свидетельствовать о том, что данный вид выращивался именно на этой территории. При изучении распространения неолитического сельского хозяйства в Европе с помощью филогеографического анализа ДНК ячменя доказана возможность привлечения в исследование традиционных местных сортов ячменя, так как в геноме сохраняются следы их доисторического происхождения (Jones et al., 2012). Для выяснения путей формирования генофонда *H. vulgare* s.l. на территории Алтайского края с использованием полиморфных RAPD и ISSR маркеров были изучены образцы ячменя стародавней селекции (первой половины XX века) из коллекции Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР), собранные на Алтае (Alpatieva et al., 2013). Учитывая первоначальные гипотезы о формировании генофонда алтайских ячменей несколькими путями, а именно, с переселенцами из европейской части России, из Центральной Азии, из Китая и из ближайших земледельческих районов Восточной Сибири, для сравнительного изучения кроме алтайских образцов были отобраны образцы и из этих регионов. Результаты проведенного анализа, с одной стороны подтвердили возможную связь ряда алтайских стародавних

сортов (ландрасов) ячменя с традиционными ячменями севера европейской части России, с другой стороны, выявили обособленность многорядных голозерных ячменей от голозерных ячменей Китая и Монголии (Alpatieva et al., 2013).

Для продолжения исследования разнообразия *H. vulgare* s.l. на российской части Алтая (Республика Алтай, Алтайский край) с использованием современных молекулярно-генетических методов начато формирование экспериментальной выборки из проб растительной ткани, отобранных с гербарных образцов, и из образцов семян стародавних сортов алтайского происхождения из коллекции ВИР, в которой сохраняется более 20 тыс. образцов культурного ячменя, представленного местными формами, селекционными сортами и дикими видами *Hordeum* L. из всех земледельческих регионов мира.

Одним из важнейших источников информации о таксономическом разнообразии, морфологических особенностях, географическом распространении и местах обитания растений являются научные гербарные коллекции. В последние десятилетия гербарные образцы все чаще становятся объектами молекулярно-генетических исследований (Fomina et al., 2019). Использование современных подходов секвенирования (next-generation sequencing, NGS) позволяет преодолеть классические препятствия для анализа гербарной ДНК. NGS технологии открывают двери для широкого привлечения ДНК из загербаризированных растений в филогенетические исследования и для развития отдельного направления – гербарной геномики (Bakker et al., 2016; Bakker, 2017; Bakker et al., 2020).

В Гербарии культурных растений мира, их диких родичей и сорных растений (Гербарий ВИР, WIR), находящейся во Всероссийском институте генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР), представлена крупней-



шая в России коллекция *H. vulgare* s. l., включая *H. vulgare* s. str. (= *H. vulgare* subsp. *vulgare*) и *H. distichon* L. (= *H. vulgare* subsp. *distichon* (L.) Koern.), насчитывающая более 8000 листов со всех континентов, исключая Антарктиду. Большую часть гербария составляют местные сорта, выращивавшиеся в Российской Империи. Собрать гербарную коллекцию возделываемого разнообразия *Hordeum* начал Р.Э. Регель, аутентичный гербарий которого хранится в WIR (Chukhina et al., 2022).

В коллекции общего сектора Гербария сосудистых растений Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН (LE) находится 432 листа *H. vulgare* s.l., из которых 14 листов 18 века (самый старый 1770 года), 188 листов 19 века. Сравнительно небольшое число образцов ячменя (*H. vulgare* s. str., *H. distichon*) в Гербарии Московского государственного университета (MW) – 88 листов и в Гербарии кафедры ботаники Санкт-Петербургского государственного университета (LECB) – 14 листов. В других гербариях России число образцов ячменя культурно не превышает одного десятка.

Сборы *H. vulgare* s.l. с территории Республики Алтай и Алтайского края представлены только в Гербарии ВИР (WIR), всего 40 образцов, за исключением еще одного гербарного листа в Алтайском государственном университете (ALTB), определенного как *H. distichon*.

В коллекции WIR среди алтайских гербарных образцов ячменя культурного преобладает *H. vulgare* subsp. *vulgare* var. *pallidum* Ser. (36 обр.). Другие разновидности представлены единичными образцами: *H. vulgare* subsp. *distichon* var. *nutans* Schuebl. – два образца, *H. vulgare* subsp. *vulgare* var. *coeleste* и *H. vulgare* subsp. *distichon* var. *erectum* Rode ex Schuebl. – по одному.

H. vulgare subsp. *vulgare* var. *pallidum* Ser., 1841, Ann. Sci. Phys. Nat. Lyon, 4: 346.

Многорядный пленчатый ячмень с желтыми, рыхлыми колосьями, с очень узкими колоско-

выми чешуями, менее 1 мм ширины; длинными, в 1,5-2 раза длиннее колоса, зазубренными осями.

Распространение: широко распространенная разновидность во всех зонах возделывания ячменя (Lukyanova et al., 1990).

H. vulgare subsp. *vulgare* var. *coeleste* L., 1753, Sp. Pl., 1: 85.

Многорядный голозерный ячмень с желтыми, рыхлыми колосьями, узкими колосковыми чешуями, длинными, в 1,5-2 раза длиннее колоса, зазубренными осями; желтыми или буровато-желтыми зерновками.

Распространение: встречается по всему ареалу возделывания ячменя, чаще всего в Китае, Японии, горных районах Центральной Азии и Эритреи (Lukyanova et al., 1990).

H. vulgare subsp. *distichon* (L.) Koern. var. *erectum* Schuebl., 1818, Diss. Char. Descr. Cereal., 41.

Двурядный пленчатый ячмень с желтыми, широкими, плотными колосьями; узкими колосковыми чешуями; длинными, в 1,5-2 раза длиннее колоса, зазубренными, идущими параллельно колосу осями.

Распространение: в России – европейская часть, Сибирь; в Восточной Европе, Закавказье, Иране, Центральной Азии, Японии, Северной Америке (США) (Lukyanova et al., 1990).

H. vulgare subsp. *distichon* (L.) Koern. var. *nutans* Schuebl., 1818, Diss. Char. Descr. Cereal., 36, 42.

Двурядный пленчатый ячмень с желтыми, рыхлыми колосьями; узкими колосковыми чешуями; длинными, в 1,5-2 раза длиннее колоса, зазубренными осями.

Распространение: возделывается во всех частях света, самая распространенная в мире разновидность из двурядных ячменей (Lukyanova et al., 1990).

Большинство гербарных листов представляют загербаризированные растения, подготовленные из репродуцированных в 1971 и 2012 гг.



образцов стародавних алтайских ячменей из коллекции ВИР. Все исходные образцы семян были собраны на территории современного Алтайского края в 1927 (2 обр.), 1929 (20 обр.), 1939 (17 обр.) гг. в равнинных и предгорных районах как левобережья, так и правобережья Оби. Более 60% сборов осуществлено в земледельчески освоенных лесостепных и степных районах Приобского плато. Только один гербарный лист собран непосредственно в «Ойротской области, село Усть-Кан, на выс. 1060 м» (в настоящее время Республика Алтай, Усть-Канский р-н) Н.П. Горбуновым в 1927 г.

Алтайское разнообразие *H. vulgare* s.l. в WIR соответствует западно-сибирской группе агроэкологической классификации культурных ячменей, которые по эколого-биологическим признакам отличаются от ячменей степных районов европейской части и Восточной Сибири. Среди разновидностей в этой группе преобладают пленчатые ячмени: многорядный – *H. vulgare* var. *pallidum* и двурядный – *H. vulgare* var. *nutans*. Последняя разновидность в WIR представлена только двумя образцами, поэтому при пополнении коллекции необходимо обратить внимание на сборы именно малочисленных разновидностей. **V**

References/Литература

- Alpatieva N.V., Zhuk M.A., Kovaleva O.N., Chukhina I.G., Anisimova I.N. Molecular-genetic variability of barley landraces in Altay region. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2013;171:26-32. [in Russian] (Алпатьева Н.В., Жук М.А., Ковалева О.Н., Чухина И.Г., Анисимова И.Н. Молекулярно-генетическое разнообразие стародавних ячменей Алтайского края. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2013;171:26-32).
- Azhaguel P., Komatsuda T. A phylogenetic analysis based on nucleotide sequence of a marker linked to the brittle rachis locus indicates a dipyletic origin of barley. *Annals of Botany*. 2007;100(5):1009-1015. DOI: 10.1093/aob/mcm129
- Badr A., Müller K., Schäfer-Pregl R., El Rabey H., Effgen S., Ibrahim H.H., Pozzi C., Rohde W., Salamini F. On the origin and domestication history of barley (*Hordeum vulgare*). *Molecular Biology and Evolution*. 2000;17(4):499-510. DOI: 10.1093/oxfordjournals.molbev.a026330
- Bakker F.T. Herbarium genomics: skimming and plastomics from archival specimens. *Webbia*. 2017;72(1):35-45. DOI: 10.1080/00837792.2017.1313383
- Bakker F.T., Bieker V.C., Martin M.D. Herbarium collection-based plant evolutionary genetics and genomics. *Frontiers in Ecology and Evolution*. 2020;8:603948. DOI: 10.3389/fevo.2020.603948
- Bakker F.T., Lei D., Yu J., Mohammadin S., Wei Z., van de Kerke S., Gravendeel B., Nieuwenhuis M., Staats M., Alquezar-Planas D.E., Holmer R. Herbarium genomics: plastome sequence assembly from a range of herbarium specimens using an Iterative Organelle Genome Assembly pipeline. *Biological Journal of the Linnean Society*. 2016;117(1):33-43. DOI: 10.1111/bj.12642
- Brown T.A., Jones M.K., Powell W., Allaby R.G. The complex origins of domesticated crops in the Fertile Crescent. *Trends in Ecology and Evolution*. 2009;24(2):103-109. DOI: 10.1016/j.tree.2008.09.008
- Chukhina I.G., Sukhanova O.V., Lukina K.A., Kovaleva O.N. Nomenclatural types of cultivated barleys described by R. E. Regel and conserved in the VIR Herbarium. *Vavilovia*. 2022;5(3):3-9. [in Russian] (Чухина И.Г., Суханова О.В., Лукина К.А., Ковалева О.Н. Номенклатурные типы возделываемых ячменей, описанных Р. Э. Регелем, хранящиеся в Гербарии ВИР. *Vavilovia*. 2022;5(3):3-9. DOI: 10.30901/2658-3860-2022-3-05
- Civán P., Drosou K., Armisen-Gimenez D., Duchemin W., Salse J., Brown T.A. Episodes of gene flow and selection during the evolutionary history of domesticated barley. *BMC Genomics*. 2021;22(1):227. DOI: 10.1186/s12864-021-07511-7
- Fomina N.A., Antonova O.Y., Chukhina I.G., Gavrilenko T.A. Herbarium collections in molecular genetic studies. *Turczaninowia*. 2019;22(4):104-118. [in Russian] (Фомина Н.А., Антонова О.Ю., Чухина И.Г., Гавриленко Т.А. Гербарные коллекции в молекулярно-генетических исследованиях. *Turczaninowia*. 2019;22(4):104-118). DOI: 10.14258/turczaninowia.22.4.12.
- Jones G., Jones H., Charles M. P., Jones M. K., Colledge S., Leigh F.J., Lister D.A., Smith L.M.J., Powell W., Brown T.A. Phylogeographic analysis of barley DNA as evidence for the spread of Neolithic agriculture through Europe. *Journal of Archaeological Science*. 2012;39(10):3230-3238. DOI: 10.1016/j.jas.2012.05.014
- Kilian B., Özkan H., Kohl J., von Haeseler A., Barale F., Deusch O., Brandolini A., Yucel C., Martin W., Salamini F. Haplotype structure at seven barley genes: relevance to gene pool bottlenecks, phylogeny of ear type and site of barley domestication. *Molecular Genetics and Genomics*. 2006;276(3):230-241. DOI 10.1007/s00438-006-0136-6
- Lukyanova M.V., Trofimovskaya A.Ya., Gudkova G.N., Terentyeva I.A., Yarosh N.P. Flora of cultivated plants. Vol. 2, pt 2. Barley. V.D. Kobylansky, M.V. Lukyanova (eds). Leningrad: Agropromizdat; 1990. [in Russian] (Лукьянова М.В., Трофимовская А.Я., Гудкова Г.Н., Терентьева И.А., Ярош Н.П. Культурная флора СССР. Т. 2, ч. 2. Ячмень / под ред. В.Д. Кобылянского, М.В. Лукьяновой. Ленинград: Агропромиздат; 1990).
- Mascher M., Schuenemann V.J., Davidovich U., Marom N., Himmelbach A., Hübner S., Korol A., David M., Reiter E., Riehl S., Schreiber M., Vohr S.H., Green R.E., Dawson I.K., Russell J., Kilian B., Muehlbauer G. J., Waugh R., Fahima T., Krause J., Weiss E., Stein N. Genomic analysis of 6,000-year-old cultivated grain illuminates the domestication history of barley. *Nature Genetics*. 2016;48(9):1089-1093. DOI: 10.1038/ng.3611
- Poets A.M., Fang Z., Clegg M.T., Morell P.L. Barley landraces are characterized by geographically heterogeneous genomic origins. *Genome Biology*. 2015;16(1):173. DOI: 10.1186/s13059-015-0712-3

**Сведения об авторах**

Нелли Юрьевна Лим, младший научный сотрудник, лаборатория мониторинга биоресурсов и археоботаники, Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР), 190000 Россия, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, 42, 44, o.sukhanova@vir.nw.ru, <https://orcid.org/0009-0001-8224-1566>

Ирена Георгиевна Чухина, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, отдел агроботаники и *in situ* сохранения генетических ресурсов растений, Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР), 190000 Россия, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, 42, 44, i.chukhina@vir.nw.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3587-6064>

Information about the authors

Nelli Yu. Lim, Junior Researcher, Laboratory of Monitoring Bioresources and Archaeobotany, N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), 42, 44, Bolshaya Morskaya Str., St. Petersburg 190000, Russia, o.sukhanova@vir.nw.ru, <https://orcid.org/0009-0001-8224-1566>

Irena G. Chukhina, Cand. Sci. (Biology), Leading Researcher, Department of Agrobotany and *in situ* Conservation of Plant Genetic Resources, N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), 42, 44 Bolshaya Morskaya Str., St. Petersburg 190000, Russia, i.chukhina@vir.nw.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3587-6064>

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 10.08.2024; одобрена после рецензирования 16.09.2024; принята к публикации 26.09.2024.

The article was submitted 10.08.2024; approved after reviewing 16.09.2024; accepted for publication 26.09.2024.