

## ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ИЗУЧЕНИЮ ГЕНЕТИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ ЯЧМЕНЯ И ОВСА ИЗ КОЛЛЕКЦИИ ВИР

© И.Г. Лоскутов, Л.Ю. Новикова, О.Н. Ковалёва, Н.Н. Иванова, Е.В. Блинова, Г.В. Бельская

ФГБНУ «ФИЦ Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова», Санкт-Петербург

Для цитирования: Лоскутов И.Г., Новикова Л.Ю., Ковалёва О.Н., и др. Эколого-географические подходы к изучению генетического разнообразия ячменя и овса из коллекции ВИР // Экологическая генетика. – 2020. – Т. 18. – № 1. – С. 89–102. <https://doi.org/10.17816/ecogen16128>.

Поступила: 18.09.2019

Одобрена: 25.02.2020

Принята: 19.03.2020

✿ В условиях климатических изменений особое значение приобретает оценка стабильности генотипов. Для ведения направленной селекции генотипов с узкой или широкой нормой реакции необходима оценка их стабильности уже на ранних этапах селекции. Цель исследования — изучение стабильности селекционно значимых признаков образцов овса и ячменя в контрастных эколого-географических условиях. В течение 3 лет в контрастных погодных условиях Санкт-Петербурга и Тамбовской обл. были изучены 25 образцов овса и 25 — ячменя. Сорты охарактеризованы средними значениями хозяйственно ценных признаков и коэффициентами регрессии генотипа на влияние среды  $b_i$  по Эберхарту и Расселу. Наиболее чувствительными к смене эколого-географической обстановки оказались продолжительность периодов «всходы—колошение», «всходы—созревание» и урожайность зерна. Эти признаки в большей степени варьировали в зависимости от условий возделывания, чем от генотипа. По коэффициентам регрессии на условия среды достоверные различия генотипов были только по урожайности. Выделены контрастные группы сортов по коэффициентам регрессии на условия среды, генотипы с высокой урожайностью. Периоды «всходы—колошение» и «всходы—созревание», а также высота растения реагировали на изменение среды одинаково у разных сортов. Продолжительность вегетационного периода определялась суммой эффективных температур выше 15 °С. Сокращение вегетационного периода у обеих культур составило 3 сут при увеличении суммы эффективных температур выше 15 °С на 100 °С.

✿ **Ключевые слова:** овес; ячмень; эколого-географические испытания; экологическая пластичность; агроклиматическая регрессионная модель.

## ECOLOGICAL-GEOGRAPHIC APPROACHES TO THE STUDY OF GENETIC DIVERSITY OF BARLEY AND OAT FROM THE VIR COLLECTION

© I.G. Loskutov, L.Yu. Novikova, O.N. Kovaleva, N.N. Ivanova, E.V. Blinova, G.V. Belskaya

Federal Research Center “N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources”, St. Petersburg, Russia

Cite this article as: Loskutov IG, Novikova LYu, Kovaleva ON, et al. Ecological-geographic approaches to the study of genetic diversity of barley and oat from the VIR collection. *Ecological genetics*. 2020;18(1):89-102. <https://doi.org/10.17816/ecogen16128>.

Received: 18.09.2019

Revised: 25.02.2020

Accepted: 19.03.2020

✿ Under conditions of climate change, the assessment of the stability of genotypes is of particular importance. To conduct directed selection of genotypes with a narrow or broad reaction rate, it is necessary to assess their stability already in the early stages of breeding. The aim of the study was to study the stability of breeding significant traits of oat and barley samples in contrasting ecological and geographical conditions. 25 oat samples and 25 barley samples were studied over 3 years under contrasting conditions in St. Petersburg and the Tambov Region. Varieties are characterized by average values of economically valuable traits and genotype regression coefficients on the influence of the bi environment according to Eberhart and Russell. The most sensitive to a change in the ecological and geographical situation were the durations of the germination—heading, germination—harvest periods and grain yield. These characters varied to a greater extent depending on the cultivation conditions than on the genotype. According to regression coefficients for environmental conditions, significant differences in genotypes were only in yield. Contrasting groups of varieties were distinguished by regression coefficients on environmental conditions, genotypes with high productivity. The durations of “germination—heading”, “germination—harvest”, the plant height reacted to the change in the environment the same in different varieties. The duration of the growing season was determined by the sum of effective temperatures above 15 °С. The reduction of the growing season in both crops was 3 days with an increase in the sum of effective temperatures above 15 °С by 100 °С.

✿ **Keywords:** oats; barley; ecological-geographical tests; ecological plasticity; agroclimatic regression model.

## ВВЕДЕНИЕ

Традиционное направление исследований ВИР, начатое Н.И. Вавиловым в 1923 г., — это проведение обширных географических опытов [1]. Организуя географические посева, Н.И. Вавилов стремился, прежде всего, определить возможные географические пределы изменчивости и распространения сельскохозяйственных растений и полученные выводы положить в основу практических мероприятий по регулированию посевов в стране. Предстояло выяснить закономерности зависимости индивидуальной изменчивости генотипов от эколого-географических факторов. Как меняются морфологические и физиологические признаки, химизм растений, какие признаки являются консервативными и вследствие этого пригодными для таксономических целей, каково взаимоотношение среды и наследственности — все эти проблемы должны были разрешить географические опыты [2].

В настоящее время в условиях климатических изменений особое значение приобретает оценка стабильности генотипов [3]. Повышение экологической устойчивости рассматривается в качестве важнейшего условия реализации все возрастающей потенциальной продуктивности сельскохозяйственных культур [4–6]. Для ведения направленной селекции генотипов с узкой или широкой нормой реакции к конкретному набору сред необходима информация об их общей и специфической адаптивности [7]. Ключевым вопросом адаптивной селекции является проблема учета взаимодействия генотипа и среды. Отбор в одних условиях может не обеспечивать преимущества генотипов в других, что делает актуальным получение информации о генотипах и средах на ранних этапах селекции [7–9].

В этом плане актуальным является изучение в контрастных эколого-географических условиях большого разнообразия коллекционных образцов различного происхождения, которые являются исходным материалом для селекции сельскохозяйственных культур [10, 11]. Вся система изучения образцов мировой коллекции ВИР основана на географическом принципе. Сеть опытных станций, где образцы проходят трехлетнее изучение, размещена в различных эколого-географических зонах нашей страны. Выделение тех или иных генотипов,

обладающих ценными признаками, проводится на основе анализа полученных результатов изучения в течение трех лет [12].

Для оценки адаптивности сортов используется методология оценки и характеристики сортов в контрастных условиях среды (годы, пункты), обладающих дифференцирующей способностью [5, 6]. Это позволяет оценить сорта, с одной стороны, по среднему значению признака (по ряду экспериментов) и, с другой, — по чувствительности признака к условиям среды, находящимся под самостоятельным генетическим контролем и относительно независимых [5, 13]. Исследование в контрастных эколого-географических условиях позволяет, помимо определения средних характеристик, выделить генотипы широкого ареала с общей адаптивностью.

*Целью данного исследования* является изучение образцов овса и ячменя мировой коллекции ВИР в контрастных эколого-географических условиях и оценка изученных генотипов по стабильности селекционно значимых признаков.

## МАТЕРИАЛЫ

Объектом изучения были 25 образцов овса и 25 — ячменя различного эколого-географического происхождения из мировой коллекции ВИР. Данное изучение проходило в полевых контрастных эколого-географических условиях Пушкинского (Санкт-Петербург) и Екатерининского (Тамбовская обл.) филиалов ВИР. Изучение образцов ярового ячменя и овса по морфологическим и хозяйственно биологическим признакам проведено согласно «Методическим указаниям по изучению и сохранению мировой коллекции ячменя и овса» [14]. Стандартами для изучения образцов овса служили районированные в Ленинградской обл. сорт Привет (к-14787, Московская обл.) и в Тамбовской обл. — Горизонт (к-12113, Украина). Стандартами для изучения образцов ячменя служили районированные в Ленинградской обл. сорт ярового ячменя Белогорский (к-22089, Ленинградская обл.) и в Тамбовской обл. — Дворан (к-19913, Чехия).

Изучались следующие селекционно значимые признаки: продолжительность периода «всходы — колошение» (сут), продолжительность периода «всходы — созревание» (сут), высота растения (см), масса 1000 зерен (г), урожайность

зерна с 1 м<sup>2</sup> (г), устойчивость к полеганию (балл) и устойчивость к болезням (балл) [14].

### Почвенно-климатические условия

Почвы опытного поля Пушкинского филиала ВИР (ПФ) — дерново-подзолистые, легкосуглинистые, супесчаные хорошо или средне окультуренные с нейтральной или слабокислой реакцией. Почвы Екатерининского филиала ВИР (ЕФ) — выщелоченные черноземы среднесуглинистого механического состава с кислотностью близкой к нейтральной.

Климатические условия региона, в котором находится ПФ, характеризуются переходом морского климата в слабо континентальный. Сумма активных температур 1600–2000 °С. Среднегодовое количество осадков 500–600 мм, 65–75 % которых выпадает в теплое время года.

Климат Тамбовской обл., где располагается ЕФ, характеризуется резкой континентальностью. Сумма активных температур составляет 2300–2600 °С. Годовая сумма осадков 500–550 мм, 70–75 % осадков выпадает в теплый период года.

Изучение образцов овса и ячменя на полях ПФ проходило с 2013 по 2017 г. (рис. 1). Погодные условия в годы изучения существенно различались. В 2013 г. в период вегетации они были благоприятными для роста и развития ячменя. Температура воздуха в течение всей вегетации превышала средние многолетние показатели. Высокая темпе-

ратура воздуха сочеталась с высокой влажностью, вызванной обильными осадками. Избыток влаги привел к увеличению высоты растений. В 2014 г. период от всходов до колошения (май–июнь) проходил в условиях теплой и влажной погоды, с избыточным количеством осадков. Вторая половина вегетации от колошения до созревания совпала с жаркой засушливой погодой. Осадков в июле выпало в 3 раза меньше нормы, что отразилось на качестве и количестве полученного зерна. В целом погодные условия 2015 г. были благоприятными для роста и развития растений. Температура воздуха не превышала многолетние показатели. Достаточное количество тепла и влаги способствовали наливу зерна.

Погодные условия 2016 г. не существенно отличались от средних многолетних показателей. Было тепло и выпало достаточно осадков для хорошего развития растений. Избыточное увлажнение способствовало развитию фузариоза метелки, полеганию некоторых образцов и осложнило уборку урожая.

Существенно отличался от средних многолетних показателей 2017 г. Недостаток тепла в начале и середине вегетации привел к удлинению периода вегетации. Температура августа была на уровне многолетних показателей. Однако обильные осадки задержали уборку урожая. Погодные условия способствовали развитию грибных болезней.

На полях ЕФ образцы овса и ячменя изучались с 2016 по 2018 г. (рис. 1). Посев проводили

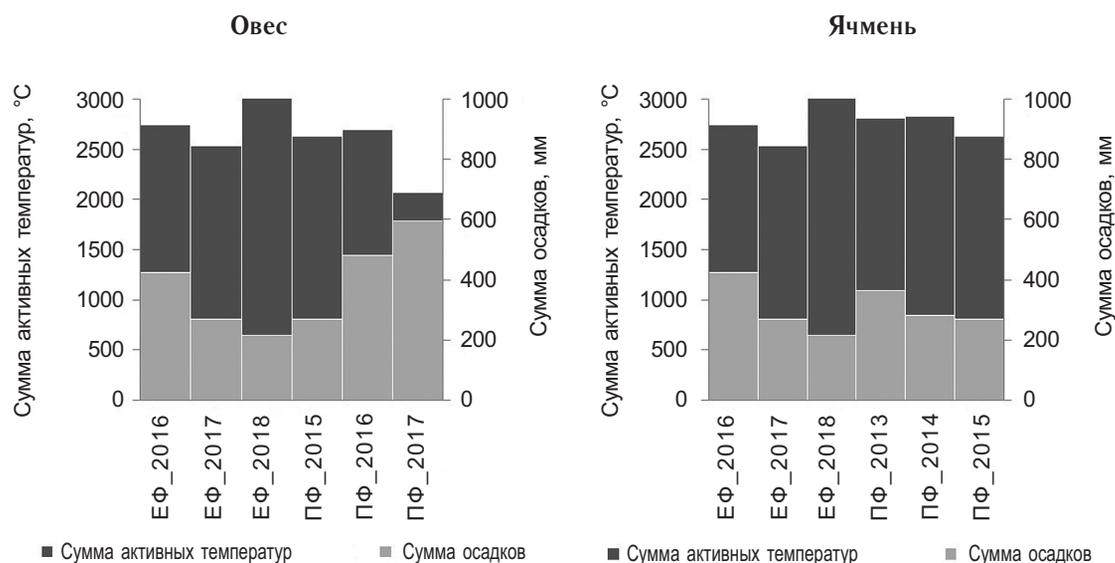


Рис. 1. Агрометеорологические условия эколого-географических испытаний образцов

в оптимальные сроки — в конце апреля (25–29 апреля). В период вегетации растений в 2016 г. была высокая температура воздуха и обильные осадки. Благоприятным для роста и развития растений был 2017 г. Посев проведен в теплую погоду при достаточном увлажнении почвы. В 2018 г. погодные условия отличались повышенной температурой воздуха и неравномерным выпадением осадков. Посев в конце апреля проведен в теплую погоду при достаточном увлажнении почвы. Тамбовская область относится к зоне недостаточного увлажнения, поэтому в годы с обильными осадками (2016, 2017) были получены более высокие урожаи зерна.

## МЕТОДЫ

Изучены селекционно значимые признаки образцов овса и ячменя: продолжительности периодов «всходы — колошение» и «всходы — созревание», высота растения, масса 1000 зерен, урожайность с 1 м<sup>2</sup> и др. [14]. Методом дисперсионного анализа в пакете Statsoft Statistica 13.3 исследовано действие таких факторов, как географический пункт, среда (географический пункт × год). По методике А. Эберхарта и В.А. Рассела [15, 16] рассчитаны взаимодействия генотип × среда, где под средой понимаются 6 сочетаний географический пункт × год. Сорты охарактеризованы средними значениями хозяйственно ценных признаков, показателями пластичности (коэффициентами регрессии генотипа на среду —  $b_i$ ). Достоверные различия по показателям пластичности обеих культур получены только по урожайности. В качестве лучших по урожайности взяты генотипы из верхнего квартиля распределения урожайности. В качестве контрастных групп пластичности — квартили распределения пластичности. Построены регрессионные модели продолжительности периодов «всходы — колошение» и «всходы — созревание» обеих культур. В исследовании принят уровень значимости 5 %.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

### Характеристика генотипов овса и ячменя в двух пунктах исследования

По данным трех лет наблюдений изучался ряд достоверных различий характеристик генотипов овса и ячменя в двух пунктах исследования. У овса

на полях ЕФ, по сравнению с ПФ, был достоверно продолжительнее период «всходы — колошение» на 2 сут ( $p = 0,005$ ), период «всходы — созревание» был короче на 5 сут ( $p = 0,000$ ) и масса зерна с 1 м<sup>2</sup> — выше на 371 г ( $p = 0,000$ ). Достоверно не различались средние значения высоты растений ( $p = 0,825$ ) и массы 1000 зерен ( $p = 0,499$ ). На ЕФ был меньше средний балл устойчивости к полеганию (8,4), чем на ПФ (8,8). На ЕФ в 2016, 2017, 2018 гг. было отмечено грибное заболевание гельминтоспориоз (средний балл 7, 8, 8 соответственно), в 2016 и 2017 гг. — корончатая ржавчина (6 и 8 баллов соответственно). На ПФ в 2015, 2016, 2017 гг. отмечался гельминтоспориоз (7, 8, 6 соответственно), стеблевая ржавчина (5, 8, 9 баллов соответственно) и вирус желтой карликовости ячменя (ВЖКЯ) (7, 9, 9 баллов соответственно) [14].

У ячменя на ЕФ по сравнению с ПФ период «всходы — колошение» был достоверно продолжительнее на 5 сут ( $p = 0,000$ ), период «всходы — созревание» — на 6 сут ( $p = 0,000$ ), высота растений меньше на 6 см ( $p = 0,007$ ), урожайность выше на 308 г ( $p = 0,000$ ). Масса 1000 зерен на изучаемых пунктах не различалась достоверно ( $p = 0,164$ ). Устойчивость ячменя к полеганию в пунктах исследования не различалась, средний балл — 8,2. На ЕФ был отмечен гельминтоспориоз в 2016 г. (средний балл 6) и в 2017 г. (7) [14].

Каждый изучаемый генотип был исследован в шести условиях (средах) — по 3 года в двух пунктах. Условия среды были контрастны (табл. 1, рис. 2, 3). Фактор среды достоверно влиял на каждый изученный признак.

Наибольшая средняя урожайность у обеих культур наблюдалась в 2017 г. на ЕФ, наименьшая — у овса на ПФ в 2016 г., у ячменя — на ПФ в 2014 г.

### Исследование пластичности сортов

Были рассчитаны показатели пластичности и стабильности исследованных агробиологических показателей и значения  $F$ -критерия для оценки значимости таких факторов, как генотип и среда (приложение 1). В приложениях 2 и 3 приведены средние значения и стандартные ошибки для всех исследованных показателей. Наблюдались достоверные различия между генотипами по всем

Таблица 1

## Характеристика сред исследования (пункт × год)

Среда	Продолжительность периода «всходы – колошение», сут	Продолжительность периода «всходы – созревание», сут	Высота растения, см	Масса 1000 зерен, г	Урожайность с 1 м <sup>2</sup> , г
О в е с					
ЕФ_2016	51,6 ± 0,6	79,0 ± 0,7	105,5 ± 4,5	31,6 ± 1,2	532,0 ± 44,9
ЕФ_2017	50,6 ± 0,8	86,2 ± 0,6	117,8 ± 4,7	37,7 ± 0,9	963,4 ± 61,4
ЕФ_2018	47,8 ± 0,9	74,2 ± 0,6	79,6 ± 3,6	31,1 ± 0,6	575,7 ± 34,5
ПФ_2015	46,6 ± 0,5	85,8 ± 0,5	95,2 ± 4,1	38,5 ± 1,1	322,2 ± 22,4
ПФ_2016	44,2 ± 0,6	80,1 ± 0,7	101,0 ± 3,5	32,4 ± 1,0	236,6 ± 13,9
ПФ_2017	52,9 ± 0,7	88,7 ± 1,3	109,2 ± 3,5	31,5 ± 1,0	398,3 ± 26,2
Среднее	48,9 ± 0,4	82,3 ± 0,5	101,4 ± 1,9	33,8 ± 0,5	504,7 ± 24,4
НСР <sub>05</sub>	1,9	2,2	11,0	2,7	103,8
Я ч м е н ь					
ЕФ_2016	50,0 ± 0,6	77,5 ± 0,6	82,7 ± 2,7	51 ± 0,8	450,6 ± 29,8
ЕФ_2017	52,9 ± 0,7	89,0 ± 0,5	88,6 ± 1,4	57,2 ± 1	903,2 ± 34,1
ЕФ_2018	48,1 ± 0,4	74,2 ± 0,6	70,5 ± 1,2	46,0 ± 0,5	667,4 ± 23,6
ПФ_2013	45,6 ± 1,0	70,2 ± 0,4	78,5 ± 2,3	53,6 ± 0,5	317,1 ± 18,5
ПФ_2014	48,1 ± 0,8	79,2 ± 0,9	90,1 ± 1,9	45,3 ± 0,9	223,2 ± 15,9
ПФ_2015	41,6 ± 0,6	71,8 ± 0,7	91,6 ± 2,6	51,5 ± 0,6	554,0 ± 15,7
Среднее	47,7 ± 0,4	77,0 ± 0,6	83,7 ± 1,0	50,8 ± 0,5	519,3 ± 20,8
НСР <sub>05</sub>	2,0	1,8	5,9	2,2	66,6

Примечание. НСР<sub>05</sub> — наименьшая существенная разница для 5 % уровня значимости.

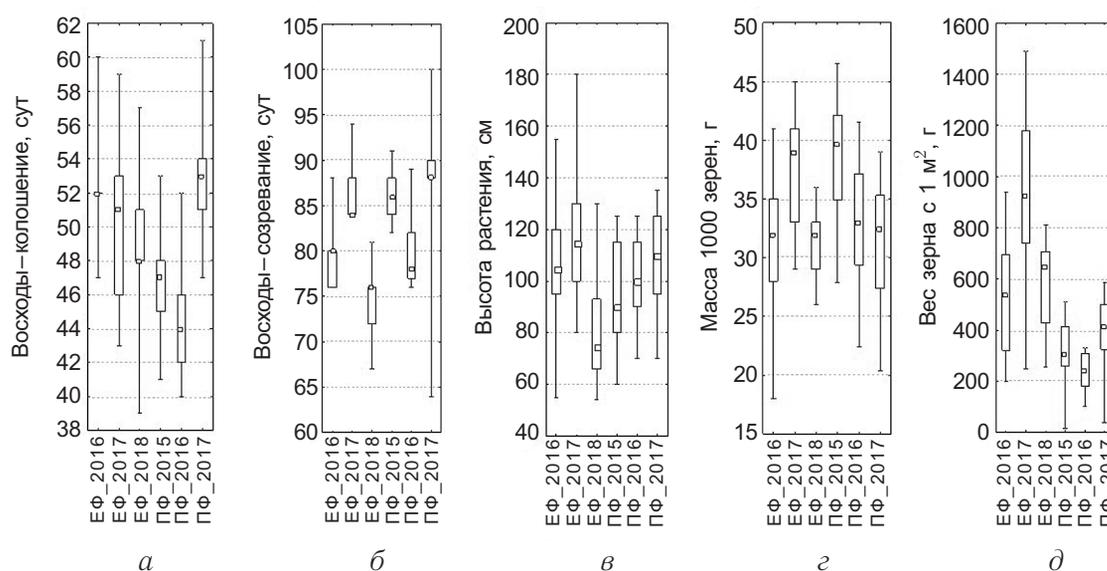


Рис. 2. Агробиологические показатели 25 образцов овса. Показаны минимум, максимум, медиана и квартили: а — «всходы – колошение»; б — «всходы – созревание»; в — высота растения; г — масса 1000 зерен; д — вес зерна с 1 м<sup>2</sup>

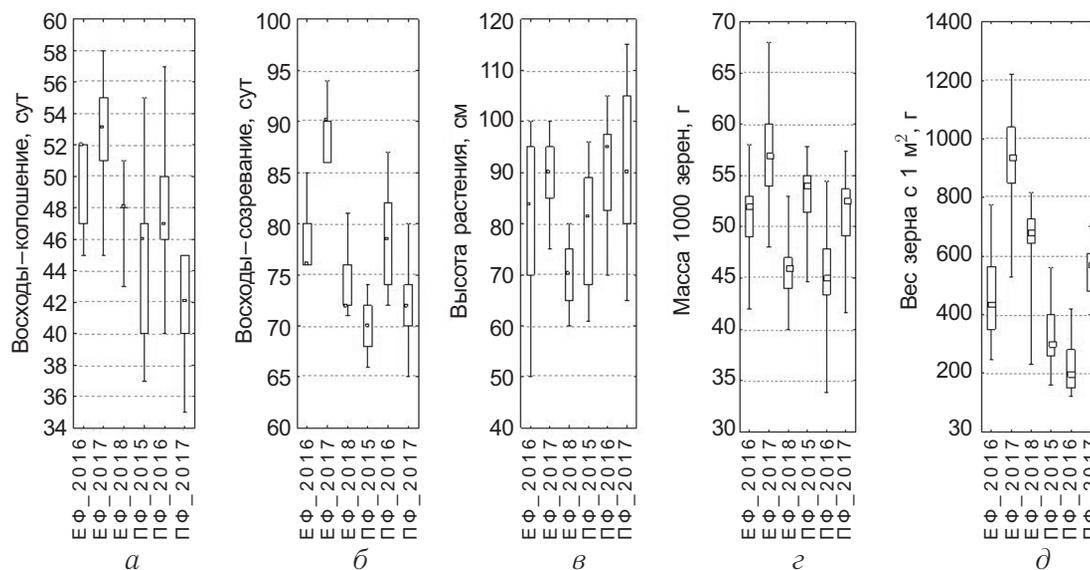


Рис. 3. Агробиологические показатели 25 образцов ячменя. Показаны минимум, максимум, медиана и квартили: а — «всходы — колошение»; б — «всходы — созревание»; в — высота растения; г — масса 1000 зерен; д — вес зерна с 1 м<sup>2</sup>

селекционно значимым признакам, кроме урожайности ячменя. По реакции на условия среды, наоборот, достоверных различий по большинству признаков обнаружено не было, кроме урожайности у обеих культур и массы 1000 зерен у ячменя. Коэффициенты  $b_i$ , характеризующие реакцию урожайности генотипов на изменение условий среды, приведены в приложениях 2 и 3.

Также была рассчитана доля дисперсии, приходящаяся на исследуемые факторы — генотип, среду, взаимодействия генотип × среда, и остаточной ошибки. Для признаков продолжительность периода «всходы — колошение» и «всходы — созревание» наибольший вклад в дисперсию внесли различия сред, то есть пункта и года исследования. Вклад влияния условий возделывания овса и ячменя составил в вариабельности признаков: продолжительность периода «всходы — колошение» 43,7 и 52,1 % соответственно; «всходы — созревание» — 62,1 и 79,7 % соответственно. В то же время различия  $b_i$  были незначимы, то есть все генотипы реагировали одинаково. Полученные данные подтверждают результаты анализа многолетних наблюдений за сортами-стандартами овса и ячменя [17], в которых отмечалась однотипность реакции продолжительности вегетации и высоты растения на изменение погодных-климатических условий.

Показатель высоты растений больше зависел от генотипа, чем от условий возделывания. Вклад

генотипа составил 54,9 % у овса и 36,8 % у ячменя. Сорта обеих культур не различались  $b_i$ , то есть дисперсионный анализ подтвердил однотипность реакции высоты растения на условия возделывания.

Значения массы 1000 зерен показали отсутствие различий между пунктами исследования, но у ячменя вклад среды оказался более значим, чем генотипа, и различные образцы различались по реакции на среду ( $F = 2,103$  при  $F_{05} = 1,628$ ), среда внесла 55,8 % вариабельности в этот признак, генотип — 18,2 %. Причиной послужила, возможно, контрастность реакции на изменение погодных условий, а именно в 2017 и 2018 гг. на ЕФ. При анализе данных по образцам овса, наоборот, вклад среды был меньше (28,5 %), чем генотипа (51,5 %).

Урожайность в большей степени варьировала в зависимости от среды, чем от генотипа, у овса вклад среды составил 62,4 %, у ячменя — 78,6 %.

#### Характеристики сортов

По урожайности пластичностью выделяются сорта интенсивного типа, лучше проявляющие себя в благоприятных условиях ( $b_i > 1$ ). Такие генотипы лучше проявляют себя в узком диапазоне благоприятных сред, но уменьшают урожайность при отклонении от узкой зоны оптимума [5, 7, 16]. Выделены экстремальные группы — нижние

Таблица 2

Сорта овса и ячменя, выделившиеся низкими или высокими значениями коэффициента реакции урожайности на изменение среды

Номер по каталогу ВИР	Название сорта	Происхождение	Всходы – созревание, сут	Масса 1000 зерен, г	Урожайность с 1 м <sup>2</sup> , г	$b_i$ — коэффициент регрессии
О в е с						
Стабильные сорта						
15440	Пибанд	Россия, Ленинградская обл.	87,7 ± 3,1	29,4 ± 1,1	294,7 ± 79,3	0,19
15524	Bai yan 7	Китай	85,0 ± 2,5	34,8 ± 1,4	473,7 ± 98,5	0,31
15521	Z 0585	Китай	80,8 ± 1,4	32,7 ± 1,1	567,7 ± 71,7	0,54
15513	Oberon	Германия	79,8 ± 2,3	37,0 ± 1,5	592,3 ± 94,8	0,65
15519	Din yan 3	Китай	83,8 ± 2,0	26,0 ± 2,0	330,2 ± 82,7	0,71
15507	Buggy	Германия	84,2 ± 3,7	31,3 ± 2,5	457,0 ± 100,2	0,72
Пластичные сорта						
15509	Flocke	Германия	82,2 ± 2,8	38,9 ± 1,6	588,5 ± 152,6	1,35
15520	Din yan 4	Китай	82,5 ± 2,3	28,9 ± 2,1	411,2 ± 161,1	1,39
15499	Виленский	Саха	83,8 ± 2,3	31,8 ± 2,4	529,7 ± 165,4	1,43
15502	Житомирский	Украина	84,7 ± 2,8	37,9 ± 2,1	644,7 ± 162,9	1,54
15504	Свитанок	Украина	76,8 ± 3,2	37,6 ± 2,3	636,2 ± 177,2	1,59
15508	Carrop	Германия	81,2 ± 2,7	36,9 ± 1,9	623,3 ± 201,3	1,81
Я ч м е н ь						
Стабильные сорта						
31322	Stratus	Польша	77,8 ± 2,6	51,7 ± 2,5	473,8 ± 71,8	0,40
31241	Quench	Дания	80,0 ± 3,6	47,8 ± 1,4	507,2 ± 56,3	0,47
31320	Sylphide	Франция	77,2 ± 3,0	48,6 ± 2,5	508,3 ± 75,8	0,68
31170	Calcule	Германия	81,0 ± 3,4	47,1 ± 1,5	455,3 ± 79,1	0,73
31321	Serval	Польша	78,7 ± 3,0	50,1 ± 2,3	458,2 ± 82,4	0,74
31169	Evergreen	Дания	80,2 ± 2,7	51,4 ± 2,0	507,5 ± 89,9	0,80
Пластичные сорта						
31315	Сусын	Казахстан	76,0 ± 3,1	51,2 ± 2,3	604,7 ± 130,7	1,18
31135	Сауле	Казахстан	74,0 ± 2,8	47,4 ± 2,3	571,3 ± 126,7	1,21
31325	Wiebke	Германия	78,2 ± 3,2	53,1 ± 4,0	570,0 ± 133,3	1,24
31136	Медикум 108	Казахстан	74,0 ± 2,7	50,3 ± 1,8	486,2 ± 134,5	1,32
31317	Жан	Казахстан	77,2 ± 3,1	50,2 ± 1,6	603,8 ± 146,5	1,42
31316	Акжол	Казахстан	74,2 ± 3,2	54,7 ± 2,8	600,3 ± 154,8	1,51

и верхние квартили распределения коэффициентов регрессии (табл. 2).

У образцов овса  $b_i$  варьировал от 0,2 до 1,8. В нижний квартиль по пластичности у овса вошли 6 сортов с  $b_i \leq 0,7$ , в верхний — 6 сортов с  $b_i \geq 1,3$ . Стабильность сорта часто ассоциируется с низкой средней урожайностью [16]. Однако среди выделившихся стабильных образцов у овса были и сорта с комплексом положительных признаков по сравнению со средними по выборке значениями: с сокращенной продолжительностью периода «всходы – созревание» и большей уро-

жайностью — Z 0585 (к-15521, Китай, 81 сут, 567,7 г,  $b_i = 0,5$ ), Oberon (к-15513, Германия, 80 сут, 592,3 г,  $b_i = 0,7$ ); с высокой массой 1000 зерен — Bai yan 7 (к-15524, Китай, масса 1000 зерен 34,8 г,  $b_i = 0,3$ ). Из пластичных сортов выделяется голозерный сорт Свитанок (к-15504, Украина) с более короткой, по сравнению со средним значением, продолжительностью вегетационного периода (77 сут), большей урожайностью с 1 м<sup>2</sup> (636,2 г) и  $b_i = 1,6$ .

У ячменя коэффициент регрессии варьировал от 0,4 до 1,5. Среди изученных генотипов с низким

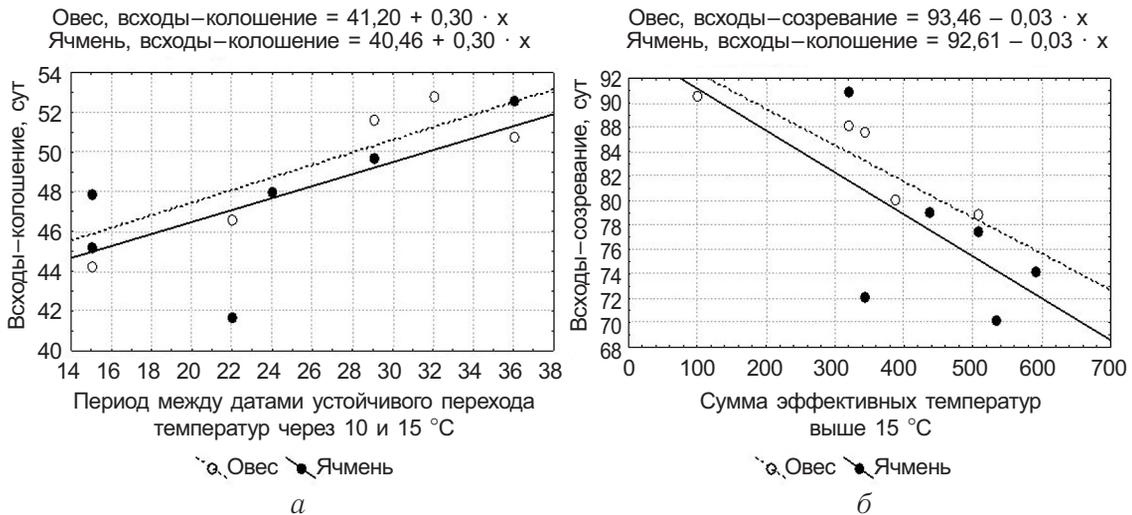


Рис. 4. Агрометеорологические зависимости продолжительностей вегетационных периодов овса и ячменя: а — «всходы — колошение» от продолжительности периода между датами устойчивого перехода температур выше 10 и 15 °С; б — «всходы — созревание» от суммы эффективных температур выше 15 °С

коэффициентом регрессии не было образцов с высокой урожайностью, но были два сорта с высокой массой 1000 зерен: Stratus (к-31322, Польша, масса 1000 = 52 г,  $b_i = 0,4$ ) и Evergreen (к-31169, Дания, 51 г,  $b_i = 0,8$ ). Среди шести образцов с высоким коэффициентом реакции урожайности на условия среды  $b_i$  четыре характеризовались высокой урожайностью, причем два сорта имели более короткий вегетационный период, большую массу 1000 зерен и урожайность, чем среднее по выборке: Сусын (к-31315, Казахстан, вегетационный период 76 сут, масса 1000 зерен 51 г, масса зерна с 1 м<sup>2</sup> 604,7 г,  $b_i = 1,2$ ) и Акжол (к-31316, Казахстан, 74 сут, 55 г, 600,3 г,  $b_i = 1,5$ ).

#### Корреляция агробиологических показателей с погодными условиями

Для оценки влияния погодно-климатических факторов рассчитывали среднее значение каждого признака для каждой культуры в шести испытаниях (индекс среды) и коэффициенты корреляции со среднемесячными характеристиками и обобщенными показателями: сумма температур выше 10, 15 °С, продолжительности периодов между датами перехода температур выше этих пределов. Ранее нами были выявлены зависимости с характеристиками периодов между датами устойчивого перехода температур выше 10 и 15 °С. Условия эксперимента были контрастными, поэтому выявлен ряд достоверно сильных корреляций. Масса 1000 зерен и вес зерна с 1 м<sup>2</sup> не имели достоверных свя-

зей с исследованными погодно-климатическими характеристиками. Наиболее термочувствительны были продолжительности межфазных периодов и вегетационного периода в целом.

Продолжительность периода «всходы — колошение» у овса коррелировала положительно с продолжительностью весеннего периода между датами устойчивого перехода температур через 10 и 15 °С с температурами 10–15 °С ( $r = 0,84$ ); продолжительность вегетационного периода — отрицательно с температурой июля ( $r = -0,89$ ) и с суммой эффективных температур выше 15 °С ( $r = -0,93$ , рис. 4). Как показывают уравнения регрессии признаков на среду, у изученных образцов овса и ячменя скорости реакции близки, что согласуется с оценками дисперсионного анализа.

У ячменя продолжительность вегетационного периода коррелировала отрицательно со среднемесячными температурами июня ( $r = -0,88$ ), с продолжительностью периода с температурами 10–15 °С весной — положительно ( $r = 0,88$ ).

Высота растения овса положительно коррелирует с продолжительностью периода с температурами от 10 до 15 °С весной ( $r = 0,86$ ). У ячменя — отрицательно с суммой эффективных температур выше 15 °С ( $r = -0,88$ ).

Устойчивость к полеганию у овса положительно коррелирует с высотой растения ( $r = 0,84$ ) и продолжительностью вегетационного периода ( $r = 0,85$ ). У ячменя корреляции с этими показателями были меньше.

## ВЫВОДЫ

Взятые в исследования контрастные по погодным условиям пункты позволили получить достоверные различия по всем изученным признакам, кроме массы 1000 зерен и высоты растения у овса.

Проведенный дисперсионный анализ пластичности генотипов по Эберхарту, Расселу [15] показал, что наиболее чувствительными к смене эколого-географической обстановки были признаки: продолжительность периода «всходы – колошение», продолжительность периода «всходы – созревание» и урожайность зерна. Вклад влияния условий возделывания составил в вариабельности признаков: «всходы – колошение» у овса 43,7 %, у ячменя — 52,1 %; «всходы – созревание» 62,1 и 79,7 % соответственно; урожайность — у овса вклад среды составил 62,4 %, у ячменя — 78,6 %. Эти признаки в большей степени варьировали в зависимости от условий возделывания, чем от генотипа. Высота растения в исследованной выборке больше зависела от генотипа, чем от условий возделывания: 54,9 % у овса и 36,8 % у ячменя. Масса 1000 зерен определялась у овса в основном генотипическими особенностями (51,5 %), у ячменя — средой (55,8 %).

Из изученных селекционно значимых признаков только по урожайности зерна генотипы обеих культур различались по показателям пластичности — коэффициентами регрессии на условия среды. Показатели продолжительности периодов «всходы – колошение» и «всходы – созревание», высота растения реагируют на изменение среды одинаково, что совпадает с нашими предыдущими исследованиями многолетней вариабельности этих признаков. Коэффициенты регрессии массы 1000 зерен на изменение условий среды различались достоверно у сортов ячменя и не различались у сортов овса.

Выделены группы генотипов с повышенной и пониженной пластичностью. Сорта с повышенной пластичностью могут быть рекомендованы для возделывания в широком диапазоне эколого-географических условий, с пониженной — в узком диапазоне условий, близких к условиям ЕФ ВИР в 2017 г. с высоким уровнем тепло- и влагообеспеченности.

Комплексом положительных признаков по сравнению со средними по выборке значениями

обладали стабильные генотипы овса: более короткой продолжительностью периода «всходы – созревание» и большей зерновой урожайностью — Z 0585 (к-15521, Китай, 81 сут, 567,7 г,  $b_i = 0,5$ ), Oberon (к-15513, Германия, 80 сут, 592,3 г,  $b_i = 0,7$ ); высокой массой 1000 зерен — Bai yan 7 (к-15524, Китай, 34,8 г,  $b_i = 0,3$ ). Пластичные генотипы показали, в основном, высокую урожайность, среди которых выделяется голозерный сорт Свитанок (к-15504, Украина) с более коротким вегетационным периодом (77 сут) и повышенной зерновой урожайностью с 1 м<sup>2</sup> (636,2 г) с коэффициентом регрессии  $b_i = 1,6$ .

У изученных образцов ячменя коэффициент регрессии варьировал от 0,4 до 1,5. Среди образцов с низким коэффициентом регрессии не было сортов с высокой урожайностью, но были два сорта с высокой массой 1000 зерен — Stratus (к-31322, Польша, 52 г,  $b_i = 0,4$ ) и Evergreen (к-31169, Дания, 51 г,  $b_i = 0,8$ ). Среди генотипов с высоким коэффициентом реакции урожайности на условия среды  $b_i$  4 характеризовались высокой урожайностью, причем 2 сорта из Казахстана имели более короткий вегетационный период, высокую массу 1000 зерен и урожайность, чем среднее по выборке — Сусын (к-31315, вегетационный период 76 сут, 51 г, масса зерна с 1 м<sup>2</sup> 604,7 г,  $b_i = 1,2$ ) и Акжол (к-31316, 74 сут, 55 г, 600,3 г, 1,5).

В результате изучения были выявлены погодно-климатические факторы, оказывающие наибольшее влияние на продолжительность периодов «всходы – колошение» и «всходы – созревание» у обеих культур. Продолжительность периода «всходы – колошение» определялась продолжительностью весеннего периода с температурами 10–15 °С, всего вегетационного периода — суммой эффективных температур выше 15 °С. Скорости реакции изученных культур на изменения этих факторов были близки. Сокращение продолжительности периодов: «всходы – колошение» составило 0,3 сут при сокращении продолжительности периода с температурами 10–15 °С весной на 1 сут; «всходы – созревание» на 3 сут при увеличении суммы эффективных температур (выше 15 °С) на 100 °С.

Исследование было проведено в рамках государственного задания № 0662-2019-0006

## Дисперсионный анализ влияния генотипа и среды [15]

Составляющая дисперсии	$d_f$	Входы – колошение				Входы – созревание				Высота				Масса 1000 зерен				Урожайность			
		SS	MS	F	% SS	SS	MS	F	% SS	SS	MS	F	% SS	SS	MS	F	% SS	SS	MS	F	% SS
		О в е с																			
Общее	149	3099,6			100	5989,3			100	79459,3			100	4917,6			100	13330512,6			100
Генотип	24	893,2	37,2	4,949	28,8	903,3	37,6	3,830	15,1	43655,5	1819,0	17,350	54,9	2530,6	105,4	13,268	51,5	1711209,6	71300,4	3,525	12,8
Среда	1	1355,9			43,7	3720,9			62,1	21558,9			27,1	1402,6			28,5	8316771,3			62,4
Генотип × среда	24	98,3	4,1	0,545	3,2	382,2	15,9	1,620	6,4	3760,6	156,7	1,495	4,7	189,7	7,9	0,995	3,9	1279581,9	53315,9	2,636	9,6
Отклонения от регрессии	100	752,1	7,5		24,3	982,9	9,8		16,4	10484,3	104,8		13,2	794,7	7,9		16,2	2022949,9	20229,5		15,2
Я ч м е н ь																					
Общее	149	3536,7			100	7204,1			100	24047,1			100	4621,1			100	9663810,916			100
Генотип	24	504,0	21,0	2,050	14,2	711,3	29,6	4,400	9,9	8847,1	368,6	6,573	36,8	843,2	35,1	4,407	18,2	318462,5642	13269,3	1,099	3,3
Среда	1	1842,8			52,1	5745,1			79,7	8195,7			34,1	2578,2			55,8	7595120,562			78,6
Генотип × среда	24	165,5	6,9	0,673	4,7	74,1	3,1	0,459	1,0	1396,1	58,2	1,037	5,8	402,4	16,8	2,103	8,7	542365,9913	22598,6	1,871	5,6
Отклонения от регрессии	100	1024,3	10,2		29,0	673,6	6,7		9,4	5608,2	56,1		23,3	797,2	8,0		17,3	1207861,799	12078,6		12,5

Примечание.  $d_f$  — число степеней свободы; SS — сумма квадратов отклонений; MS — средняя сумма квадратов отклонений; F — значение критерия Фишера.  $F_{05} = 1,628$ .

## Характеристики исследованных сортов овса

№ категории ВИР	Название сорта	Происхождение	Всходы – колошение, сут	Всходы – созревание, сут	Высота растения, см	Масса 1000 зерен, г	Урожайность с 1 м <sup>2</sup> , г	$b_i$ — коэффициент регрессии на изменение условий
15440	Пибанд	Ленинградская обл.	55,0 ± 1,8	87,7 ± 3,1	76,7 ± 7,8	29,4 ± 1,1	294,7 ± 79,3	0,19
15496	Стиплер	Ульяновская обл.	49,3 ± 1,3	80,7 ± 2,4	114,3 ± 6,4	35,5 ± 1,5	595,8 ± 121,1	1,04
15497	Атлет	Екатеринбургская обл.	49,2 ± 1,6	81,8 ± 2,7	102,5 ± 6,2	37,7 ± 1,9	628,8 ± 121,8	1,04
15499	Виленский	Саха	48,7 ± 1,7	83,8 ± 2,3	99,7 ± 8,9	31,8 ± 2,4	529,7 ± 165,4	1,43
15501	Визит	Украина	52,0 ± 1,7	86,7 ± 2,7	115,8 ± 6,8	27,0 ± 2,1	375,7 ± 118,6	1,04
15502	Житомирский	Украина	50,5 ± 1,6	84,7 ± 2,8	111,5 ± 5,1	37,9 ± 2,1	644,7 ± 162,9	1,54
15503	Ранностыглый	Украина	44,3 ± 1,1	78,7 ± 2,8	95,2 ± 5,5	39,5 ± 2,1	557,2 ± 139,7	1,32
15504	Свитанок	Украина	48,0 ± 1,8	76,8 ± 3,2	97,3 ± 5,9	37,6 ± 2,3	636,2 ± 177,2	1,59
15505	Авгол	Украина	48,2 ± 2,0	81,3 ± 2,5	96,2 ± 7,0	26,1 ± 1,5	383,5 ± 83,7	0,74
15507	Buggy	Германия	51,3 ± 2,0	84,2 ± 3,7	71,7 ± 4,4	31,3 ± 2,5	457,0 ± 100,2	0,72
15508	Саггон	Германия	47,7 ± 1,7	81,2 ± 2,7	85,0 ± 5,2	36,9 ± 1,9	623,3 ± 201,3	1,81
15509	Flocke	Германия	46,3 ± 2,3	82,2 ± 2,8	95,3 ± 6,6	38,9 ± 1,6	588,5 ± 152,6	1,35
15510	Kaplan	Германия	48,0 ± 2,5	81,0 ± 2,8	96,8 ± 7,5	35,3 ± 1,9	533,8 ± 102,8	0,87
15511	Kurt	Германия	51,0 ± 1,9	84,5 ± 4,0	68,2 ± 3,9	33,2 ± 1,7	434,2 ± 107,9	0,97
15512	Мах	Германия	44,8 ± 0,9	79,2 ± 2,0	91,8 ± 3,4	37,4 ± 2,1	552,3 ± 117,8	1,08
15513	Oberon	Германия	44,8 ± 0,9	79,8 ± 2,3	97,0 ± 12,0	37,0 ± 1,5	592,3 ± 94,8	0,65
15515	Simon	Германия	47,7 ± 1,6	81,7 ± 1,4	97,2 ± 2,2	37,3 ± 1,5	603,7 ± 135,4	1,28
15516	Zorro	Германия	49,0 ± 1,7	82,7 ± 2,2	85,2 ± 3,9	35,6 ± 1,3	592,0 ± 116,9	1,10
15517	Dakar	Швейцария	49,0 ± 1,4	80,7 ± 2,6	94,2 ± 11,2	30,6 ± 1,3	427,9 ± 110,2	0,78
15518	Din yan 6	Китай	50,5 ± 1,6	84,7 ± 2,2	120,0 ± 6,7	29,8 ± 1,4	309,0 ± 86,7	0,75
15519	Din yan 3	Китай	49,8 ± 1,5	83,8 ± 2,0	120,8 ± 7,6	26,0 ± 2,0	330,2 ± 82,7	0,71
15520	Din yan 4	Китай	50,2 ± 1,2	82,5 ± 2,3	115,8 ± 7,9	28,9 ± 2,1	411,2 ± 161,1	1,39
15521	Z 0585	Китай	46,3 ± 2,0	80,8 ± 1,4	119,7 ± 6,8	32,7 ± 1,1	567,7 ± 71,7	0,54
15523	Bai yan 6	Китай	49,8 ± 1,6	82,3 ± 2,1	137,5 ± 10,4	37,5 ± 1,3	474,8 ± 86,4	0,74
15524	Bai yan 7	Китай	52,2 ± 2,3	85,0 ± 2,5	129,2 ± 2,7	34,8 ± 1,4	473,7 ± 98,5	0,31
HCP <sub>05</sub>			3,1	3,6	11,7	3,2	162,5	—

Примечание. Среднее значение ± стандартная ошибка среднего, HCP<sub>05</sub> — наименьшая существенная разница для 5 % уровня значимости.

## Характеристики исследованных сортов ячменя

№ категории ВИР	Название сорта	Происхождение	Всходы – колошение, сут	Всходы – созревание, сут	Высота растения, см	Масса 1000 зерен, г	Урожайность с 1 м <sup>2</sup> , г	$b_1$ – коэффициент регрессии на изменение условий
31124	Асем	Казахстан	49,0 ± 1,5	76,5 ± 2,3	88,3 ± 5,7	47,9 ± 1,4	537,7 ± 119,8	1,13
31135	Сауле	Казахстан	47,0 ± 1,3	74,0 ± 2,8	88,5 ± 4,5	47,4 ± 2,3	571,3 ± 126,7	1,21
31136	Медикум 108	Казахстан	45,8 ± 2,4	74,0 ± 2,7	92,0 ± 4,8	50,3 ± 1,8	486,2 ± 134,5	1,32
31137	Карагандинский 5	Казахстан	46,7 ± 1,7	75,8 ± 2,3	99,0 ± 4,8	50,6 ± 1,6	485,7 ± 97,1	0,87
31138	Медикум 11	Казахстан	46,8 ± 2,3	74,0 ± 2,7	95,2 ± 5,5	51,3 ± 2,1	468,8 ± 110,3	1,08
31139	Медикум 125	Казахстан	43,0 ± 2,1	73,5 ± 2,8	87,2 ± 2,5	51,7 ± 3,4	480,0 ± 112,6	1,08
31140	Медикум 176	Казахстан	46,2 ± 1,8	75,3 ± 2,6	90,2 ± 6,6	52,0 ± 1,9	475,0 ± 129,8	0,87
31169	Evergreen	Дания	50,0 ± 2,9	80,2 ± 2,7	75,2 ± 4,9	51,4 ± 2,0	507,5 ± 89,9	0,80
31170	Calcule	Германия	48,5 ± 2,7	81,0 ± 3,4	76,0 ± 5,3	47,1 ± 1,5	455,3 ± 79,1	0,73
31195	Maali	Эстония	48,0 ± 2,3	79,5 ± 2,9	79,0 ± 3,1	52,3 ± 2,0	533,5 ± 123,4	1,18
31241	Quench	Дания	48,7 ± 2,7	80,0 ± 3,6	75,9 ± 5,3	47,8 ± 1,4	507,2 ± 56,3	0,47
31300	Водограй	Украина	46,7 ± 1,9	77,5 ± 3,2	85,6 ± 2,8	55,9 ± 2,0	503,9 ± 108,4	1,07
31311	Чудовый	Украина	46,8 ± 2,1	76,8 ± 2,4	78,8 ± 4,5	51,4 ± 1,9	583,0 ± 102,7	0,95
31312	Обоянь	Украина	46,2 ± 2,3	76,4 ± 3,1	92,2 ± 5,0	54,1 ± 1,9	558,2 ± 95,7	0,90
31314	Туран 2	Казахстан	46,5 ± 2,0	75,3 ± 3,1	86,8 ± 4,3	48,6 ± 3,4	515,5 ± 119,6	1,18
31315	Сусын	Казахстан	48,3 ± 1,9	76,0 ± 3,1	87,7 ± 4,2	51,2 ± 2,3	604,7 ± 130,7	1,18
31316	Акжол	Казахстан	44,8 ± 1,7	74,2 ± 3,2	90,3 ± 4,8	54,7 ± 2,8	600,3 ± 154,8	1,51
31317	Жан	Казахстан	47,3 ± 1,2	77,2 ± 3,1	87,7 ± 3,7	50,2 ± 1,6	603,8 ± 146,5	1,42
31318	Север 1	Казахстан	48,3 ± 1,5	76,8 ± 3,2	88,0 ± 3,9	51,4 ± 2,0	508,3 ± 106,4	0,96
31320	Sylphide	Франция	49,7 ± 1,4	77,2 ± 3,0	79,0 ± 3,9	48,6 ± 2,5	508,3 ± 75,8	0,68
31321	Serval	Польша	48,0 ± 2,4	78,7 ± 3,0	74,5 ± 4,1	50,1 ± 2,3	458,2 ± 82,4	0,74
31322	Stratus	Польша	51,3 ± 2,0	77,8 ± 2,6	76,5 ± 5,9	51,7 ± 2,5	473,8 ± 71,8	0,40
31323	Katy	Дания	49,8 ± 2,3	80,7 ± 3,2	74,8 ± 2,7	52,5 ± 1,3	480,3 ± 120	1,14
31324	Vendela	Чехия	50,3 ± 1,4	78,7 ± 3,1	72,2 ± 3,5	46,4 ± 1,7	504,7 ± 98,4	0,90
31325	Wiebke	Германия	49,0 ± 1,3	78,2 ± 3,2	71,3 ± 3,4	53,1 ± 4,0	570,0 ± 133,3	1,24
HCP <sub>05</sub>	–	–	3,7	3,0	8,6	3,2	125,6	–

Примечание. Среднее значение ± стандартная ошибка среднего, HCP<sub>05</sub> — наименьшая существенная разность для 5 % уровня значимости.

## ЛИТЕРАТУРА

- Loskutov IG. Vavilov and his institute. A history of the world collection of plant genetic resources in Russia. Rome, Italy: International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI); 1999. 190 p.
- Вавилов Н.И. Географическая изменчивость растений: докл. III Всесоюзному ботаническому съезду в Ленинграде 9 января 1928 г. // Научное слово. — 1928. — № 1. — С. 23–33. [Vavilov NI. Geographical variability of plants. *Scientific Word*. 1928;(1):23-33. (In Russ.)]
- Waqas L, Muhammad FJ, Haseeb A, Muhammad DA. Genotype and environment interaction determines the yield potential of a crop under changing climate. *Int J Environ Sci Nat Res*. 2018;9(3):555762. <https://doi.org/10.19080/IJESNR.2018.09.555762>.
- Зиборов А.И., Велекжанин В.С. Исходный материал в селекции яровой мягкой и твердой пшеницы на адаптивность // Достижения науки и техники АПК. — 2015. — Т. 29. — № 6. — С. 31–34. [Ziborov AI, Velekzhanin VS. Source material in breeding of spring soft and durum wheat for adaptivity. *Achievements of science and technology of agroindustrial complex*. 2015;29(6):31-34. (In Russ.)]
- Мальчиков П.Н., Сидоренко В.С., Мясникова М.Г., и др. Оценка в эколого-географическом эксперименте адаптивности генотипов твердой пшеницы и дифференцирующей способности условий среды (годы,

- пункты) // Зернобобовые и крупяные культуры. — 2016. — № 2. — С. 120–126. [Mal'chikov PN, Sidorenko VS, Myasnikova MG, et al. Evaluation of ecological and geographic adaptability experiment genotypes of durum wheat and differentiating ability of environmental conditions (years, points). *Zernobobovyye i krupyanyye kul'tury*. 2016;(2):120-126. (In Russ.)]
6. Сапега В.А. Взаимодействие генотип—среда и оценка сортов гороха по интенсивности и параметрам адаптивности // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. — 2016. — № 42. — С. 31–36. [Sapega VA. Vzaimodeystviye genotip-sreda i otsenka sortov gorokha po intensivnosti i parametram adaptivnosti. *Izvestiya Saint-Petersburg state agrarian university*. 2016;(42):31-36. (In Russ.)]
  7. Кильчевский А.В., Хотылева Л.В. Генотип и среда в селекции растений. — Минск: Наука и техника, 1989. — 191 с. [Kil'chevskii AV, Khotyleva LV. Genotip i sreda v seleksii rasteniy. Minsk: Science and technology; 1989. 191 p. (In Russ.)]
  8. Yan W, Frégeau-Reid J, Pageau D, Martin R. Genotype-by-environment interaction and trait associations in two genetic populations of oat. *Crop Sci*. 2016;56(3):1136-1145. <https://doi.org/10.2135/cropsci2015.11.0678>.
  9. Mut Z, Akay H, Doganay Ö, Köse E. Grain yield, quality traits and grain yield stability of local oat cultivars. *J Soil Sci Plant Nutr*. 2018;18(1):269-281. <https://doi.org/10.4067/s0718-95162018005001001>.
  10. Лоскутов И.Г. Овес (*Avena L.*). Распространение, систематика, эволюция и селекционная ценность. — СПб.: ГНЦ РФ ВИР, 2007. — 335 с. [Loskutov IG. Oat (*Avena L.*). Distribution, taxonomy, evolution and breeding value. Saint Petersburg: N.I. Vavilov All-Russian Institute of plant genetic resources; 2007. 335 p. (In Russ.)]
  11. Loskutov IG, Rines HW. Avena L. In: Kole C, editor. Wild crop relatives: genomic and breeding resources. Cereals. Heidelberg, Berlin, New York: Springer; 2011. P. 109-84. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-14228-4\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-642-14228-4_3).
  12. Лоскутов И.Г. История мировой коллекции генетических ресурсов растений в России. — СПб.: ГНЦ РФ ВИР, 2009. — 274 с. [Loskutov IG. History of the world collection of plant genetic resources in Russia. Saint Petersburg: All-Russian Institute of plant genetic resources. N.I. Vavilova; 2009. 274 p. (In Russ.)]
  13. Lin CS, Binns MR, Lefkovitch LP. Stability analysis: where do we stand? *Crop Sci*. 1986;26(5):894-900. <https://doi.org/10.2135/cropsci1986.0011183x002600050012x>.
  14. Лоскутов И.Г., Ковалева О.Н., Блинова Е.В. Методические указания по изучению и сохранению мировой коллекции ячменя и овса. Изд. 4-е, доп. и перераб. — СПб.: ГНЦ РФ ВИР, 2012. — 63 с. [Loskutov IG, Kovaleva ON, Blinova EV. Methodological guidance directory for studying and maintaining VIR's collections of barley and oat. 4<sup>th</sup> ed. revised and updated. Saint Petersburg: All-Russian Institute of plant genetic resources. N.I. Vavilova; 2012. 63 p. (In Russ.)]
  15. Eberhart SA, Russell WA. Stability parameters for comparing varieties 1. *Crop Sci*. 1966;6(1):36-40. <https://doi.org/10.2135/cropsci1966.0011183x000600010011x>.
  16. Пакудин В.З. Параметры экологической пластичности сортов и гибридов // Теория отбора в популяциях растений / Под ред. Л.В. Хотылевой, З.С. Ниоро, В.А. Драгавцева. — Новосибирск: Наука, 1976. — С. 178–189. [Pakudin VZ. Parametry ekologicheskoy plastichnosti sortov i gibridov. In: Teoriya otbora v populyatsiyakh rasteniy. Ed. by L.V. Khotyleva, Z.S. Niuro, V.A. Dragavtsev. Novosibirsk: Nauka; 1976. P. 178-189. (In Russ.)]
  17. Новикова Л.Ю., Лоскутов И.Г., Ковалева О.Н. Анализ тенденций изменений хозяйственно ценных признаков стандартных сортов овса и ячменя в 1980–2011 гг. // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. — 2013. — Т. 171. — С. 136–142. [Novikova LYu, Loskutov IG, Kovaleva ON. Trend analysis of value agronomic traits of standards oat and barley varieties in 1980–2011. *Trudy po prikladnoi botanike, genetike i seleksii*. 2013;171:136-142. (In Russ.)]

## ✿ Информация об авторе

**Игорь Гадиславович Лоскутов** — д-р биол. наук, главный научный сотрудник, и. о. заведующего отделом генетических ресурсов овса, ржи, ячменя. ФГБНУ «ФИЦ Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова», Санкт-Петербург. SPIN: 2715-2082. E-mail: i.loskutov@vir.nw.ru.

## ✿ Author and affiliations

**Igor G. Loskutov** — Doctor of Biological Sciences, Chief Researcher, Acting Head of the Department of Genetic Resources of Oats, Rye, Barley. Federal Research Center “N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources”, Saint Petersburg, Russia. SPIN: 2715-2082. E-mail: i.loskutov@vir.nw.ru.

## ✿ Информация об авторе

**Любовь Юрьевна Новикова** — д-р с.-х. наук, ведущий научный сотрудник, и. о. заведующего отделом автоматизированных информационных систем генетических ресурсов растений. ФГБНУ «ФИЦ Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова», Санкт-Петербург. E-mail: l.novikova@vir.nw.ru.

**Ольга Николаевна Ковалева** — канд. биол. наук, ведущий научный сотрудник отдела генетических ресурсов овса, ржи, ячменя. ФГБНУ «ФИЦ Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова», Санкт-Петербург. E-mail: o.kovaleva@vir.nw.ru.

**Надежда Николаевна Иванова** — старший научный сотрудник отдела генетических ресурсов овса, ржи, ячменя. ФГБНУ «ФИЦ Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова», Санкт-Петербург. E-mail: n.ivanova@vir.nw.ru.

**Елена Владимировна Блинова** — канд. с.-х. наук, старший научный сотрудник отдела генетических ресурсов овса, ржи, ячменя. ФГБНУ «ФИЦ Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова», Санкт-Петербург. E-mail: e.blinova@vir.nw.ru.

**Галина Владимировна Бельская** — канд. с.-х. наук, старший научный сотрудник, заведующая лабораторией зерновых культур, Екатеринбургская опытная станция. ФГБНУ «ФИЦ Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова», Екатеринбург, Тамбовская область. E-mail: belskaigalin@yandex.ru.

## ✿ Author and affiliations

**Lyubov Yu. Novikova** — Doctor of Agricultural Science, Leading Researcher, Acting Head of the Department of Automated Information Systems for Plant Genetic Resources. Federal Research Center “N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources”, Saint Petersburg, Russia. E-mail: l.novikova@vir.nw.ru.

**Olga N. Kovaleva** — Candidate of Biological Science, Leading Researcher, Department of Genetic Resources of Oats, Rye, Barley. Federal Research Center “N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources”, Saint Petersburg, Russia. E-mail: o.kovaleva@vir.nw.ru.

**Nadezhda N. Ivanova** — Senior Researcher, Department of Genetic Resources of Oats, Rye, Barley. Federal Research Center “N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, Saint Petersburg”, Russia. E-mail: n.ivanova@vir.nw.ru.

**Elena V. Blinova** — Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Department of Genetic Resources of Oats, Rye, Barley. Federal Research Center “N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources”, Saint Petersburg, Russia. E-mail: e.blinova@vir.nw.ru.

**Galina.V. Belskaya** — Candidate of Agricultural Science, Senior Researcher, Head of the Laboratory of Cereal Crops, Yekaterinino Experimental Station. Federal Research Center “N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources”, Yekaterinino, Tambov Region, Russia. E-mail: belskaigalin@yandex.ru.