

КОЛЛЕКЦИИ МИРОВЫХ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ ДЛЯ РАЗВИТИЯ ПРИОРИТЕТНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ СЕЛЕКЦИИ

Научная статья
УДК 633.34:581.543(470.311)
DOI: 10.30901/2227-8834-2024-3-105-119



Изучение коллекционных образцов овса различных экологических групп в условиях степной зоны Краснодарского края

Н. П. Войцукская¹, И. Г. Лоскутов^{2,3}, Е. В. Блинова², Л. Ю. Новикова²

¹ Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Кубанская опытная станция – филиал ВИР, Краснодарский край, Россия

² Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия

³ Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

Автор, ответственный за переписку: Нина Петровна Войцукская, voysuckaya63@mail.ru

Актуальность. Большое значение для селекции растений при подборе исходного материала имеет изучение генофонда и выявление источников хозяйственно ценных признаков для конкретных условий зоны.

Материалы и методы. Объектом исследований послужили 307 образцов овса посевного различного эколого-географического происхождения в условиях Кубанской опытной станции – филиала Всероссийского института генетических ресурсов растений (ВИР) в 2014–2019 гг. В качестве стандарта использовался сорт 'Валдин 765'. Погодные условия за годы изучения были контрастными по гидротермическому режиму.

Результаты. Проведен анализ межсортной и межгодовой вариабельности коллекции овса ВИР в условиях Краснодарского края и выделены перспективные по комплексу хозяйственно ценных признаков образцы для использования в селекции. Наиболее значительные различия образцов изученной коллекции овса связаны со сроками созревания и характеристиками метелки. Высокая урожайность образца в условиях Краснодарского края ассоциирована с высокой массой 1000 зерен, которая положительно связана с продолжительностью межфазного периода «выметывание – созревание» и отрицательно – с длиной метелки, числом зерен в метелке, высотой растения и продолжительностью периодов «всходы – выметывание» и «всходы – созревание».

Заключение. В результате исследований по хозяйственно ценным признакам выделены образцы, превышающие урожайность стандартного сорта 'Валдин 765' на 114–135%, созревающие на 6–8 дней раньше стандарта, устойчивые к полеганию, обладающие короткостебельностью, с групповой устойчивостью (9 баллов) к корончатой и стеблевой ржавчинам, с пониженной пленчатостью (< 25%), хорошей облиственностью, высокой масличностью (> 6%), повышенной белковостью (> 14%) и высокими показателями структурных элементов урожайности.

Ключевые слова: селекционные признаки, источники, эколого-географическое происхождение, погодные условия, изменение климата

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: Войцукская Н.П., Лоскутов И.Г., Блинова Е.В., Новикова Л.Ю. Изучение коллекционных образцов овса различных экологических групп в условиях степной зоны Краснодарского края. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2024;185(3):105-119. DOI: 10.30901/2227-8834-2024-3-105-119

COLLECTIONS OF THE WORLD'S CROP GENETIC RESOURCES FOR THE DEVELOPMENT OF PRIORITY PLANT BREEDING TRENDS

Original article

DOI: 10.30901/2227-8834-2024-3-105-119

Evaluation of oat accessions from different ecological groups in the steppe environments of Krasnodar Territory

Nina P. Voytsutskaya¹, Igor G. Loskutov^{2,3}, Elena V. Blinova², Liubov Yu. Novikova²¹ N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, Kuban Experiment Station, Krasnodar Territory, Russia² N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia³ St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russia**Corresponding author:** Nina P. Voytsutskaya, voycuckaya63@mail.ru

Background. Studying genetic diversity and identifying sources of valuable agronomic traits for specific environmental conditions is of great importance for plant breeders when they select source material for crop improvement.

Materials and methods. Three hundred and seven oat accessions of various ecogeographic origin were tested under the conditions of the Kuban Experiment Station, a branch of the N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), in 2014–2019. Cv. 'Valdin 765' served as the reference. Weather conditions across the years of the study were contrasting in terms of the hydrothermal regime.

Results. The inter-cultivar and year-to-year variability of the oat collection was analyzed in Krasnodar Territory and accessions promising for breeding were identified for a set of useful agronomic traits. The most significant differences among the studied oat accessions were recorded for the time of ripening and panicle characteristics. High yield of an accession under the conditions of Krasnodar Territory was associated with its high 1000 grain weight, which positively correlated with the duration of the period from panicle emergence to ripening and negatively with the length of the panicle, number of grains per panicle, plant height, and duration of the periods from germination to panicle emergence and from germination to ripening.

Conclusion. The study of useful agronomic traits resulted in identifying oat accessions with the yield exceeding the reference (cv. 'Valdin 765') by 114–135%, that ripened 6–8 days earlier than the reference, were resistant to lodging, had short stems, manifested combined resistance (9 points) to crown and stem rust, low filminess (< 25%), good leafiness, high oil content (> 6%), increased protein content (> 14%), and high levels of yield structure components.

Keywords: valuable characteristics, sources, ecogeographic origin, weather conditions, climate change

Acknowledgments: this work was carried out within the framework of the state task assigned by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, Topic No. FGEM-2022-0009 "Structuring and disclosing the potential of hereditary variation in the global collection of cereal and groat 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: Voytsutskaya N.P., Loskutov I.G., Blinova E.V., Novikova L.Yu. Evaluation of oat accessions from different ecological groups in the steppe environments of Krasnodar Territory. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2024;185(3):105-119. DOI: 10.30901/2227-8834-2024-3-105-119

Введение

Большое значение для селекции растений при подборе исходного материала имеет изучение биологических и хозяйственных особенностей растений различного эколого-географического происхождения. В современных условиях целесообразным и экономически обоснованным направлением селекции является получение сортов для конкретных условий региона (Korelina et al., 2021).

Необходимо иметь характеристику растительных форм, выращенных в различных почвенно-климатических условиях, по таким признакам, как продолжительность вегетационного периода, урожайность и ее структура, устойчивость к полеганию, засухоустойчивость, устойчивость к болезням и вредителям, биохимический состав. По названным и другим биологическим особенностям можно определить как сходства, так и различия растений с использованием эколого-географической классификации.

Академик Н. И. Вавилов (Vavilov, 1965), как основатель эколого-географической систематики культурных растений, выявил закономерности в распределении видов по эколого-географическим группам, каждая из которых имеет сходные признаки в результате отбора в одинаковых природно-климатических условиях. Такие сорта обладают необходимыми приспособительными свойствами к тем условиям, в которых они формируются. Широкое распространение культуры овса на всех континентах мира, на разных высотах и в различных почвенно-климатических условиях, а также давность возделывания его с применением различных методов селекции способствовали образованию различных экологических типов с большой вариацией хозяйственных и биологических признаков (Loskutov, 2007).

На основании проведенного эколого-географического изучения мирового разнообразия овса, привезенного экспедициями ВИР из различных почвенно-климатических зон, А. И. Мордвинкина (Mordvinkina, 1939) осуществила эколого-географическую классификацию этой культуры. Были установлены экологические группы, сформировавшиеся в различных условиях местообитания (всего 30 географических групп и 13 подгрупп). Для образцов вида *Avena sativa* L. определены основные экологические группы: Северная русская¹, Волжская полбяная, Степная, Лесостепная европейская, Карпатская горная, Закавказская высокогорная, Дагестано-Азербайджанская предгорная, Восточно-Сибирская, Западно-Сибирская степная, Дальневосточная приморская, Скандинавская, Английская, Датская, Низинная Западно-Европейская, Южно-Европейская, Западно-Европейская «озимая», Альпийско-Тирольская, Центрально-Испанская, Пиренейская, Анатолийская внутренняя, Анатолийская юго-восточная, Субтропическая влажная, Иранская, Китайско-Монгольская (Mordvinkina, 1939). На основании изучения вновь поступившего в коллекцию ВИР материала были выделены еще три экологические группы овса посевного: Северо-Американская², Южно-Американская и Австралийская (Rodionova et al., 1994).

¹ Редакция обращает внимание на то, что написание всех эколого-географических групп по решению авторов приведено по работе А. И. Мордвинкиной (Mordvinkina, 1939).

² Редакция обращает внимание на то, что написание трех перечисленных эколого-географических групп по решению авторов приведено по работе Н. А. Родионовой (Rodionova et al., 1994).

Для экологической классификации овса установлены основные признаки: образ жизни, продолжительность вегетационного периода, общий габитус растений, количественные признаки метелки и зерна, биохимические показатели, облиственность, требования к условиям среды, устойчивость к болезням и вредителям.

Экологические группы сортов, формирование которых проходит в определенных условиях различных экологических зон, несут приспособительные свойства к местной среде, что делает их ценным исходным материалом для селекции. Экологическая группировка сортов важна для селекции, так как дает возможность более эффективно находить исходный материал с определенными признаками среди большого многообразия культурных растений. Изучение генофонда культуры позволяет выделить источники, необходимые в работе селекционера, и определить параметры модели сорта в соответствии с условиями конкретной зоны произрастания (Tulyakova et al., 2021).

В условиях изменения климата оценка потенциала культуры, ее биоразнообразия приобретает особое значение для задач селекции. С ростом температур и нестабильности осадков в регионах могут стать востребованными образцы с новыми комплексами характеристик: со скороспелостью, с повышенной засухоустойчивостью и жаростойкостью (Elsgaard et al., 2012; Kole, 2020; Eckardt et al., 2021). И искать источники этих признаков необходимо в хорошо охарактеризованных коллекциях генетических ресурсов растений (Winkler et al., 2016; Loskutov et al., 2020).

Целью нашего исследования является проведение анализа межсортной и межгодовой вариабельности коллекции овса ВИР в условиях Краснодарского края и выявление источников хозяйственно ценных признаков образцов овса различного эколого-географического происхождения.

Материалы и методы исследований

В 2014–2019 гг. на полях Кубанской опытной станции – филиала Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР) было изучено 307 образцов овса коллекции ВИР различного эколого-географического происхождения из 32 стран. Закладку опытов, фенологические наблюдения, полевые учеты проводили в соответствии с «Методическими указаниями по изучению мировой коллекции ячменя и овса» (Loskutov et al., 2012), а также руководствуясь «Международным классификатором СЭВ рода *Avena* L.» (International COMECON list..., 1984). Почва экспериментального поля – слабовыщелоченный чернозем, сформированный на карбонатном суглинке. Предшественник овса – горох на зерно. Площадь делянки составляла 2 м².

На основе данных метеопункта Кубанской опытной станции исследованы агрометеорологические факторы, лимитирующие урожайность стандартного сорта овса 'Валдин 765' в 1998–2019 гг.

Статистическая обработка произведена методами дисперсионного, корреляционного анализа, методом главных компонент в пакете Statistica 13.3.

Расчет дат устойчивого перехода температур и характеристик периодов между ними выполнен в программе VTS, разработанной в отделе агрометеорологии ВИР (свидетельство о государственной регистра-

ции № 2019664805 от 13 ноября 2019 г.). В исследовании принят уровень значимости 5%.

Погодные условия эксперимента

Климат Краснодарского края умеренно континентальный, в последние десятилетия (1990–2021 гг.) характеризуется суммой активных температур 3620°C, суммой осадков за период активной вегетации 380 мм, ГТК 1,1. В настоящее время наблюдается потепление климата: в 1990–2021 гг. увеличивались суммы активных температур выше 10°C (со скоростью 16,49°C/год, уровень значимости тренда $p = 0,001$), температура мая (0,09°C/год, $p = 0,010$), июня (0,09°C/год, $p = 0,002$), августа (0,11°C/год, $p = 0,001$), сентября (0,08°C/год, $p = 0,026$) (приведены только характеристики периода активной вегетации). Тренды сумм месячных осадков были неустойчивы, разнонаправлены, сумма осадков достоверно менялась – увеличивалась – только за период с температурами выше 20°C (2,84 мм/год, $p = 0,043$). ГТК достоверных трендов не имел.

Наиболее теплым из исследованных лет был 2018 г. (рис. 1), когда сумма активных температур составила 4011°C, самым холодным – 2015 г. (3584°C), в остальные годы – 3609–3829°C; в 4 года из 6 анализируемых сумма активных температур была выше нормы. Наиболее влажным был 2016 г., когда сумма осадков за период с температурами выше 10°C достигла 490 мм, ГТК 1,337, а самым засушливым – 2019 г. с суммой осадков 291 мм и ГТК 0,760.

Метеорологические условия различались по температуре и количеству выпавших осадков. Обилием влаги и невысокими температурами отличались 2014 и 2017 г. Повышенными температурами и неравномерным выпадением осадков был отмечен 2015 г. – неустойчивое распределение дождей в сочетании с высокой температурой воздуха с суховеями во второй половине лета способствовало плохому наливу зерна. Условия 2016 г. характеризовались повышенным температурным фоном в течение весенне-летнего периода и большим количеством осадков – их выпало 448 мм при среднемноголетней норме 331 мм. Дожди часто выпадали в сопровождении силь-

ного ветра. Условия вегетации были благоприятными для оценки изучаемого материала на устойчивость к полеганию и устойчивость к корончатой и стеблевой ржавчинам. В 2018 и 2019 г. наблюдалась высокая температура воздуха, низкая относительная влажность, осадки значительно ниже нормы, суховеи. Налив зерна проходил в условиях сухой жаркой погоды, что привело к резкому снижению выполненности зерна.

Таким образом, различия метеорологических условий 2014–2019 гг. позволили всесторонне изучить и выделить ценные источники овса по ряду хозяйственно ценных признаков для селекционной работы в условиях степной зоны Краснодарского края.

Результаты и их обсуждение

Межгодовая вариабельность хозяйственно ценных признаков овса

На рисунке 2 показаны медианное, минимальное, максимальное, квартильные значения по исследованной выборке. В среднем урожайность выборки составила в эксперименте 537,1 г/м², варьируя в зависимости от условий года от 441,9 до 650,5 г; масса 1000 зерен – 28,9 г (27,4–34,4 г); пленчатость составила 29,5% (24,3–32,8%); продолжительность вегетации («всходы – восковая спелость») – 56,4 сут. (45,1–71,6 сут.). Во все годы отмечено полегание образцов, устойчивость в среднем составила 6,4 балла (3,2–8,2 балла), наибольшее полегание наблюдалось в самом влажном 2016 г. Во все годы, кроме самого жаркого 2018 г., наблюдалось поражение корончатой и стеблевой ржавчинами. Устойчивость к корончатой ржавчине составила в среднем 6,8 балла, варьируя по годам от 5,4 до 7,7 балла, устойчивость к стеблевой ржавчине имела близкие значения. В 2018 и 2019 г. отмечено поражение пыльной, устойчивость в среднем составила 5,3–5,4 балла.

Однофакторный дисперсионный анализ показал, что условия возделывания оказали достоверное влияние на большинство средних значений изученных показателей коллекции овса, за исключением устойчивости к поражению пыльной и облиственности. Рассчитаны средние

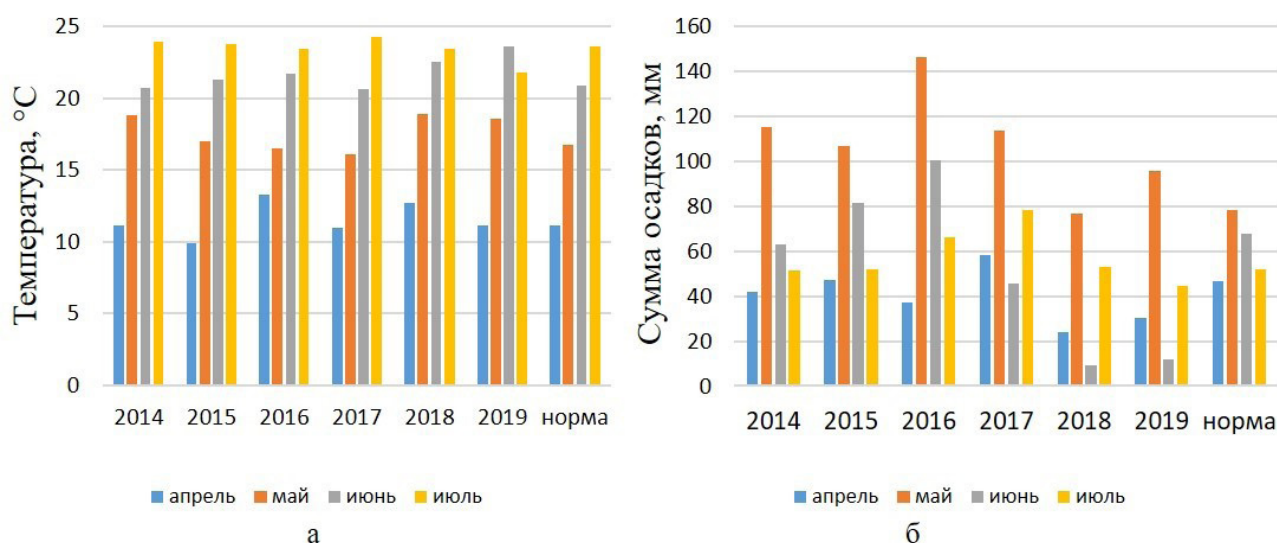


Рис. 1. Метеорологические условия в годы проведения эксперимента: а) среднемесячная температура; б) месячная сумма осадков; норма – средние значения за 1990–2021 гг.

Fig. 1. Weather conditions during the years of the experiment: а) mean monthly temperature; б) monthly precipitation amount; "норма" – mean values for 1990–2021

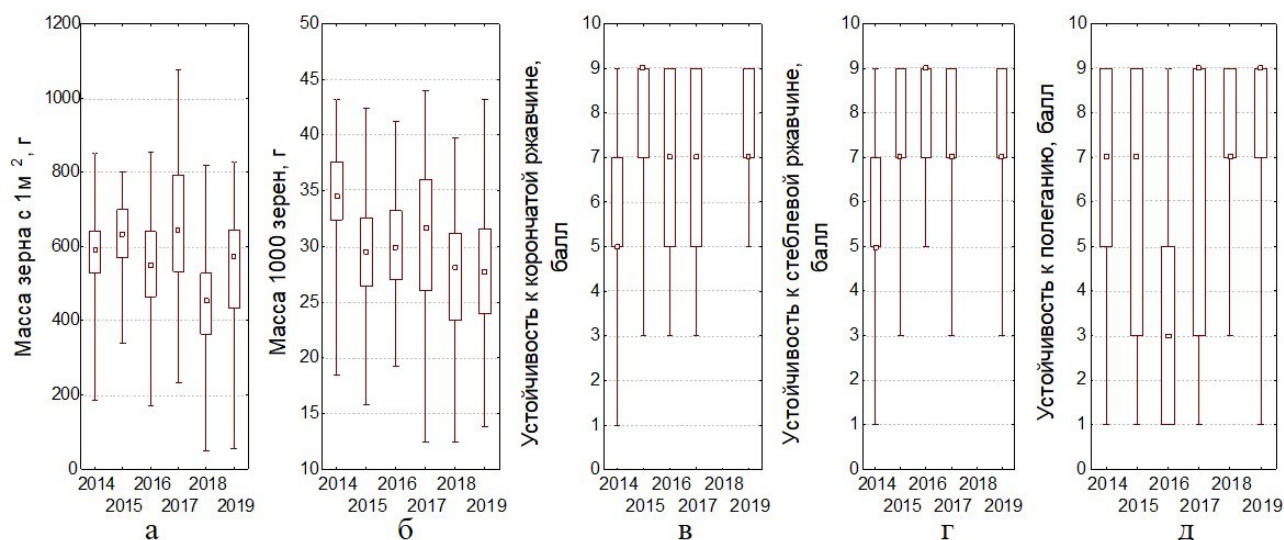


Рис. 2. Основные хозяйственно ценные показатели коллекции овса, изученные на Кубанской опытной станции ВИР в 2014–2019 гг.: **а)** урожайность зерна с 1 м²; **б)** масса 1000 зерен, г; **в)** устойчивость к корончатой ржавчине, балл; **г)** устойчивость к стеблевой ржавчине, балл; **д)** устойчивость к полеганию

Fig. 2. Main agronomic indicators of the oat collection at the Kuban Experimental Station of VIR in 2014–2019: **а)** grain weight per 1 m²; **б)** 1000 grain weight; **в)** resistance to crown rust; **г)** resistance to stem rust; **д)** resistance to lodging

для каждого года значения по выборке и вариабельность по годам. Из элементов структуры урожая наиболее варьировала масса зерна с растения (коэффициент вариации – 35,7%), наименее – масса 1000 зерен (8,5%); промежуточные значения имели следующие показатели: масса зерна с метелки (15,6%), число зерен в метелке (14,7%), продуктивная кустистость (14,2%), число колосков в метелке (14,1%), урожайность с 1 м² (13,2%), число продуктивных метелок на 1 м² (9,7%). Высота растения варьировала на том же уровне (13,6%), а длина метелки была наиболее консервативным показателем из характеристик растения (6,3%).

По продолжительности межфазных периодов наиболее константным был период «выметывание – восковая спелость» (9,4%), периоды «всходы – восковая спелость» (18,8%) и «всходы – выметывание» (17,8%) сильнее зависели от условий года.

В зависимости от условий года значительно варьировала устойчивость к полеганию (27,9%). Устойчивости к корончатой и стеблевой ржавчинам имели близкие коэффициенты вариации: 12,7% и 12,0% соответственно.

Погодные факторы, влияющие на рост и развитие овса

Для выявления погодноклиматических факторов, важных для роста и развития растений, нужны длинные ряды наблюдений за ними. Для анализа агроклиматических зависимостей овса в условиях Кубанской опытной станции были использованы данные многолетних наблюдений за сортом 'Валдин 765' 1998–2019 гг. (отсутствуют данные 2011–2013 гг.). Урожайность сорта сильно коррелировала со средней урожайностью по коллекции в 2014–2019 гг. ($r = 0,94$), так что выявленные на сорте 'Валдин 765' закономерности можно отнести к коллекции в целом. Сравнение характеристик сорта за два десятилетия (2000–2009 и 2010–2019 гг.) показывает, что выметывание сорта в последнее десятилетие наступает раньше ($p = 0,012$) – было 3 июня, стало 30 мая, в среднем тренд составляет 0,36 сут./год. Тенденции в изменении других хозяйственно ценных признаков недостоверны: происходит увеличение высоты растения

(была 91,9 см, стала 99,8 см, скорость увеличения – 0,62 см/год), повышение массы 1000 зерен (была 33,3 г, стала 34,1 г, скорость изменения – 0,02 г/год), повышение массы зерна с 1 м² (была 552,1 г, стала 605,7 г, скорость роста – 4,33 г/м²/год). Практически не изменились: дата всходов (была 9 апреля, стала 8 апреля), устойчивость к корончатой ржавчине (была 6,7 балла, стала 6,8 балла), устойчивость к полеганию (была 8,1, стала 8,8 балла).

Корреляции агробиологических и агрометеорологических характеристик выявили зависимости сильной и средней силы: масса зерна с 1 м² зависит от осадков мая ($r = 0,65$) (рис. 3), от высоты растения ($r = 0,64$); высота растения зависит от осадков мая ($r = 0,83$); устойчивость к корончатой ржавчине связана с температурой июня ($r = 0,70$). Осадки мая показали тенденцию к увеличению (на 2,01 мм/год, $p = 0,157$), что может объяснить увеличение высоты растения и урожайности и создает предпосылки к возрастанию этих показателей в случае дальнейшего роста осадков. Температура июня показала тенденцию к увеличению (на 0,09°C/год, $p = 0,090$), что может снизить поражение корончатой ржавчиной.

Масса 1000 зерен не показала достоверных связей ни с какими исследованными агробиологическими и агрометеорологическими параметрами.

Полиморфизм образцов коллекции

Для исследованных 307 образцов были рассчитаны средние многолетние значения. В качестве характеристики устойчивости образца выбраны наименьшие значения за годы исследования. Выборка характеризовалась значительным полиморфизмом (табл. 1). Урожайность сортов варьировала от 172,4 до 763,0 г/м², причем 50% образцов имели урожайность в диапазоне 449,9–626,9 г; масса 1000 зерен варьировала от 15,7 до 40,5 г (50% образцов имели показатель на уровне 25,5–32,6 г), пленчатость – от 20,0 до 43,5% (27,3–32,0 г), устойчивость к корончатой ржавчине – от 1 до 9 баллов (5–7 баллов), к стеблевой – от 3 до 9 баллов (5–7 баллов), к полеганию – от 1 до 9 баллов (1–7 баллов).

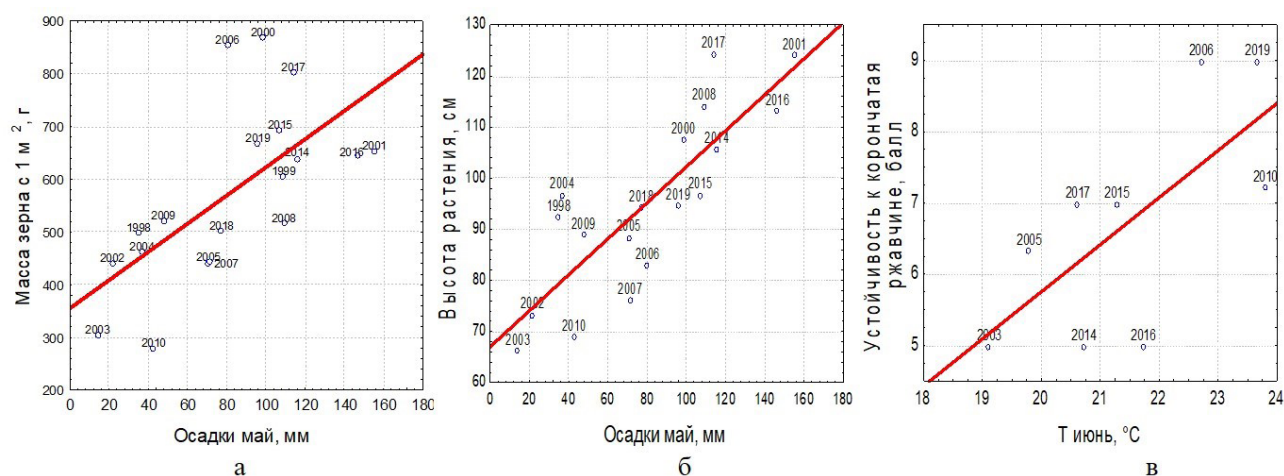


Рис. 3. Погодная зависимость хозяйственно ценных признаков овса сорта 'Валдин 765' в условиях Краснодарского края: а) урожайность зерна с 1 м²; б) высота растений; в) устойчивость к полеганию

Fig. 3. Weather dependence of useful agronomic characters in oat cv. 'Valdin 765' under the conditions of Krasnodar Territory: а) grain weight per 1 m²; б) plant height; в) resistance to lodging

Таблица 1. Полиморфизм изученной коллекции овса (307 образцов) в условиях Краснодарского края в 2014–2019 гг.

Table 1. Polymorphism of the studied oat collection (307 accessions) under the conditions of Krasnodar Territory, 2014–2019

Признак	Среднее значение признака	Min	Max	Нижний квартиль	Верхний квартиль
Урожайность с 1 м ² , г	537,1	172,4	763,0	449,9	626,9
Устойчивость к корончатой ржавчине, балл	5,9	1,0	9,0	5,0	7,0
Устойчивость к стеблевой ржавчине, балл	6,6	1,0	9,0	5,0	7,0
Масса зерна с 1 метелки, г	1,3	0,3	8,2	1,1	1,5
Масса зерна с 1 растения, г	1,8	0,3	5,8	1,4	2,2
Число зерен в метелке, шт.	46,3	18,2	108,1	37,4	53,1
Число колосков в метелке, шт.	41,7	15,7	85,7	33,9	48,6
Число продуктивных метелок на 1 м ² , шт.	472,9	191,3	1153,1	385,4	543,4
Масса 1000 зерен, г	28,9	15,7	40,5	25,5	32,6
Пленчатость, %	29,5	20,0	43,5	27,3	32,0
Озерненность, шт.	1,2	0,5	4,6	1,0	1,3
Длина метелки, см	21,0	13,1	32,6	18,8	23,2
Высота растений, см	109,1	52,6	146,6	101,4	118,4
Устойчивость к полеганию, балл	4,1	1,0	9,0	1,0	7,0
Продуктивная кустистость, шт.	1,4	1,0	2,8	1,2	1,6
Продолжительность «всходы – выметывание», сут.	58,3	45,0	74,0	55,5	62,0
Продолжительность «всходы – восковая спелость», сут.	86,7	76,7	106,0	84,7	89,3
Устойчивость к поражению пыльной пылью, балл	4,8	1,0	9,0	5,0	5,0
Облиственность, балл	5,4	3,0	8,0	5,0	6,0

Исследование полиморфизма методом главных компонент показало, что по критерию Кайзера (собственное значение компоненты больше 1) интересны первые 6 компонент, объясняющие 69,5% дисперсии выборки. Главный фактор (27,7%), дифференцирующий выборку, – скороспелость образца (продолжительность периодов «всходы – выметывание», «всходы – созревание»), а также положительно связанные с ними длина метелки и число колосков в метелке. Второй фактор (13,9%) может быть интерпретирован как масса зерна с растения и метелки, обратно связанные с числом продуктивных метелок. Третий фактор (9,1%) – устойчивость к корончатой ржавчине. Четвертый фактор (7,5%) – урожайность и масса 1000 зерен. Пятый фактор (6,1%) – продуктивная кустистость. Шестой фактор (5,2%) – устойчивость к пылянице.

Корреляционный анализ выявил только слабые и средней силы связи между хозяйственно ценными признаками, за исключением сильной корреляции между продолжительностью вегетации и периода «всходы – выметывание» (0,88). Урожайность образца связана с массой 1000 зерен (0,54), массой зерна с метелки (0,42). Масса 1000 зерен образца отрицательно коррелирует с числом зерен в метелке (–0,31), длиной метелки (–0,39), высотой растения (–0,30), продолжительностью периода «всходы – выметывание» (–0,47), положительно – с продолжительностью периода «выметывание – созревание» (0,37). Масса зерна с растения связана с массой зерна с метелки (0,48), с продуктивной

кустистостью (0,36), обратно коррелирует с числом продуктивных метелок на 1 м² (–0,41). Масса зерна с метелки связана с озерненностью (0,54), числом зерен в метелке (0,48). Число зерен в метелке связано с числом колосков в метелке (0,66) и отрицательно – с числом продуктивных метелок на 1 м² (–0,52). Число колосков в метелке связано с длиной метелки (0,63), продолжительностью периода «всходы – выметывание» (0,65), облиственностью (0,46). Длина метелки коррелирует с высотой растения (0,77), продолжительностью периода «всходы – выметывание» (0,67), облиственностью (0,46). Сама облиственность отрицательно связана с продолжительностью периода «выметывание – созревание» (–0,44). Продолжительность межфазного периода «всходы – выметывание» сильно коррелирует с продолжительностью вегетации (0,88), облиственностью (0,50), отрицательно – с периодом «выметывание – созревание» (–0,67). Устойчивость образца к корончатой ржавчине коррелирует с его устойчивостью к стеблевой ржавчине (0,59); обе устойчивости положительно связаны с продуктивной кустистостью образца (0,18 и 0,34 соответственно). Устойчивость к пылянице положительно коррелирует с облиственностью (0,34). Устойчивость к полеганию отрицательно коррелирует с высотой растения (–0,37). Пленчатость имеет только слабые связи с другими показателями.

Группировки показателей видны в пространстве первых двух факторов (рис. 4).

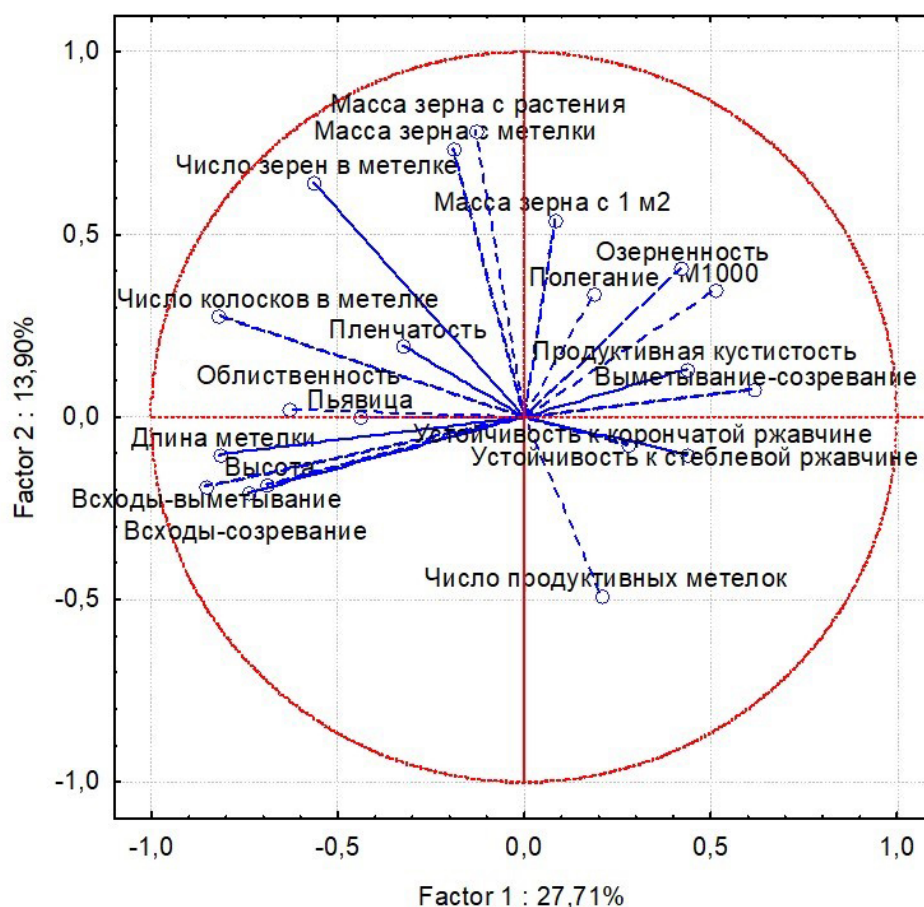


Рис. 4. Связи агробиологических характеристик овса в условиях Краснодарского края в пространстве первых двух факторов

Fig. 4. Relationships among agrobiological characteristics of oat under the conditions of Krasnodar Territory in the space of the first two factors

Различия экологических групп

Из 307 образцов экологическая группа точно определена у 305 образцов (два образца предположительно относятся к группе Марашская и в данный анализ не вошли). Единичными образцами представлены Дальневосточная приморская и Центрально-Испанская группы, которые также не вошли в данный анализ.

Пятнадцать оставшихся групп представлены тремя и более образцами (табл. 2). Достоверность различий между средними значениями характеристик групп была исследована дисперсионным анализом и апостериорным критерием Тьюки для неравных выборок. Анализ показал, что достоверные различия между экологическими группами наблюдались по всем показателям, кроме поражения пылевидной, массы зерна с растения, числа продуктивных стеблей на 1 м². Группы характеризовались большой внутригрупповой изменчивостью (см. табл. 2, рис. 5), поэтому в основном достоверны различия только между крайними значениями.

По наиболее значимым хозяйственно ценным признакам отмечаются следующие различия.

На рисунке 5 показаны медианное, минимальное, максимальное, квартильные значения по исследованной выборке. Высоким средним урожаем с 1 м² в условиях Краснодарского края отличаются образцы из Низинной Западно-Европейской (630,6 г), Степной (626,6 г), Скандинавской (613,3 г), Северной русской (607,9 г) групп, достоверно превышая образцы групп с самым низким урожаем: Китайско-Монгольскую (378,2 г) и Субтропическую влажную (473,3 г).

По массе 1000 зерен выделяются образцы Южно-Американской группы, показавшие наибольшее значение (33,5 г), а также образцы Австралийской (32,4 г) и Английской (31,7 г) групп. Наименее крупное зерно было у образцов из Китайско-Монгольской (23,4 г) группы.

Наиболее ранними оказались образцы Южно-Американской группы, у которых продолжительность междоузлия

Таблица 2. Характеристика экологических групп овса в условиях Краснодарского края в 2014–2019 гг.

Table 2. Characteristics of the ecological groups of oat under the conditions of Krasnodar Territory, 2014–2019

Группа	Число образцов	Масса зерна с 1 м ² , г	Масса 1000 зерен, г	Устойчивость к корончатой ржавчине, балл	Устойчивость к стеблевой ржавчине, балл	Устойчивость к полеганию, балл
Австралийская	4	490,5 ± 60,8	32,4 ± 2,8	8,0 ± 1,0	6,0 ± 1,0	4,0 ± 1,7
Английская	3	586,3 ± 82,6	31,7 ± 0,3	5,0 ± 0,0	7,0 ± 1,2	5,0 ± 2,0
Восточно-Сибирская	3	561,1 ± 2,5	30,3 ± 2,4	5,0 ± 0,0	6,3 ± 0,7	7,7 ± 1,3
Западно-Европейская «озимая»	6	557,2 ± 34,5	28,2 ± 1,8	5,4 ± 0,4	5,0 ± 0,0	2,7 ± 0,8
Западно-Сибирская степная	22	577,4 ± 10,5	30,1 ± 0,5	6,6 ± 0,4	6,5 ± 0,3	3,1 ± 0,6
Китайско-Монгольская	33	378,2 ± 21,4	23,4 ± 0,7	5,8 ± 0,5	7,0 ± 0,3	5,1 ± 0,5
Лесостепная европейская	26	521,9 ± 10,4	26,4 ± 1,0	5,9 ± 0,4	6,5 ± 0,4	8,6 ± 0,4
Низинная Западно-Европейская	51	630,6 ± 9,3	30,3 ± 0,4	5,8 ± 0,2	5,7 ± 0,2	8,1 ± 0,3
Северная русская	16	607,9 ± 15,0	30,2 ± 0,9	6,2 ± 0,6	6,8 ± 0,4	2,3 ± 0,4
Северо-Американская	28	530,2 ± 14,3	27,7 ± 0,7	7,0 ± 0,0	8,0 ± 0,7	2,6 ± 0,3
Скандинавская	8	613,3 ± 41,9	27,5 ± 1,4	5,3 ± 0,6	5,3 ± 0,3	4,5 ± 0,8
Субтропическая влажная	4	473,3 ± 70,4	31,3 ± 3,5	7,0 ± 0,0	7,0 ± 1,4	1,0 ± 0,0
Степная	10	626,6 ± 12,3	30,3 ± 1,1	6,1 ± 0,6	6,0 ± 0,3	2,6 ± 0,8
Южно-Американская	54	519,3 ± 11,1	33,5 ± 0,5	9,0 ± 0,0	8,1 ± 0,2	5,1 ± 0,2
Южно-Европейская	4	540,6 ± 47,7	27,3 ± 1,7	5,0 ± 0,0	6,3 ± 0,7	2,0 ± 0,6

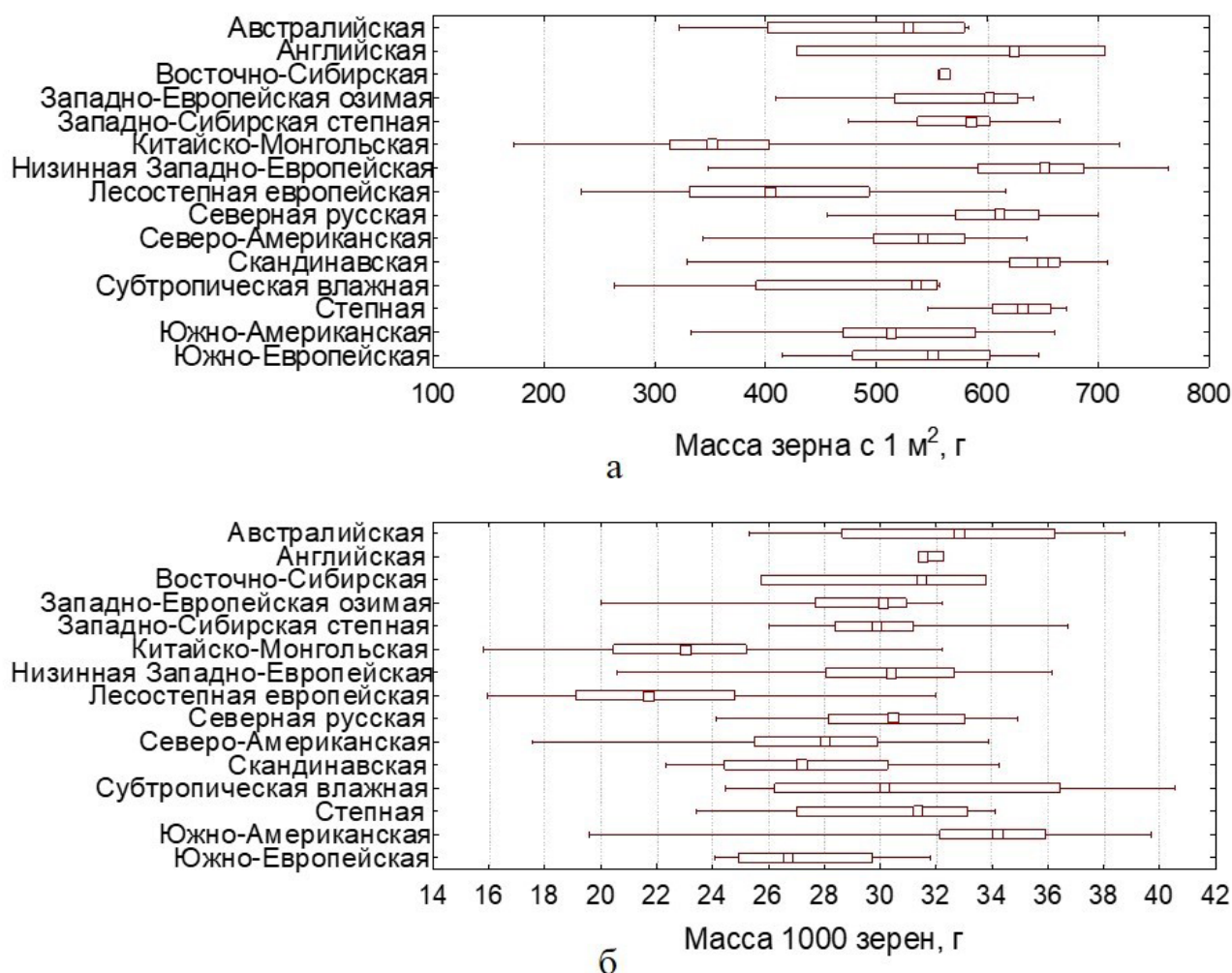


Рис. 5. Характеристики экологических групп овса по урожайности (а) и по массе 1000 зерен (б)

Fig. 5. Yield characteristics of the ecological groups of oat: а) grain weight per 1 m²; б) 1000 grain weight

ного периода «всходы – восковая спелость» составила в среднем 81 сут.; наиболее поздними – образцы из Английской (90 сут.) группы.

Наибольший средний балл устойчивости к корончатой ржавчине имели образцы Южно-Американской (9 баллов) и Австралийской групп (9 баллов), наименьший – у образцов Английской (5 баллов), Восточно-Сибирской (5 баллов) и Южно-Европейской групп (5 баллов). Наибольшим баллом устойчивости к стеблевой ржавчине характеризовались образцы Южно-Американской (8,1 балла) и Северо-Американской групп (8,0 балла), наименьшим – образцы Западно-Европейской «озимой» (5,0 баллов), Скандинавской (5,3 балла) и Низинной Западно-Европейской групп (5,7 баллов). Наибольший балл устойчивости к полеганию был у образцов Лесостепной европейской (8,6 балла), Низинной Западно-Европейской (8,1 балла) и Восточно-Сибирской (7,7 балла) групп; наименьший – у образцов Субтропической влажной (1,0 балла), Северной русской (2,3 балла), Северо-Американской (2,6 балла) групп.

Выделение источников хозяйственно ценных признаков у образцов овса различных экологических групп

В изученный набор вошли 75 образцов из Российской Федерации, относящиеся к пяти экологическим группам: Северной русской, Восточно-Сибирской, Западно-Сибирской степной, Лесостепной европейской и Низинной Западно-Европейской.

Северная русская экологическая группа представлена образцами из Ленинградской и Кировской областей. Образцы из Ленинградской области были раннеспелыми (78,0–80,7 суток), за исключением сорта 'Пибанд' (к-15440), вегетационный период которого составил 91,0 сут. Образец 'Скороспелый 2' (к-15548) выделен как источник скороспелости за три года изучения. Высота растений у образцов этой группы составляла 79,5–112,3 см. Все образцы обладали повышенной устойчивостью к корончатой и стеблевой ржавчинам. Масса 1000 зерен у изученных образцов была средняя – 24,1–34,9 г, у сорта 'Пибанд' с голым зерном – высокая (25,5 г). Пленчатость зерна образцов отмечалась на уровне 24–30%. Метелка была средней длины с массой зерна 0,5–1,4 г и числом колосков 26,0–43,9 шт. Большое число продуктивных метелок на 1 м² отмечено у сортов 'Среднеспелый 1' (к-15549) и 'Среднеспелый 2' (к-15550) – 649,7 и 609,7 шт. соответственно. Урожайность образцов из Ленинградской области варьировала от 233,6 до 603,1 г/м². В благоприятные годы сорта 'Среднеспелый 1', 'Среднеспелый 2', 'Скороспелый 1' (к-15547) формировали высокую урожайность – от 678,2 до 723,4 г/м². Сорта 'Скороспелый 1', 'Скороспелый 2', 'Позднеспелый' (к-15551) выделялись по содержанию масла в зерновке – 5,9–6,2%.

Образцы из Кировской области были среднеспелыми и среднепоздними, их вегетационный период составлял 83,7–91,3 сут. Высота соломины доходила до 107,7–123,6 см. Все образцы были среднеустойчивы к полега-

нию. По устойчивости к стеблевой ржавчине (7 баллов) выделились сорта 'Сапсан' (к-15444), 'Медведь' (к-15494) и 'Санур' (к-15616). Линия 19h06 (к-15445) имела групповую устойчивость к корончатой и стеблевой ржавчинам. Образцы обладали средним по крупности зерном (масса 1000 зерен – 29,0–34,5 г). Содержание белка в зерне составило 12,0–13,4%, масла – 3,6–5,5%. Сорта 'Аватар' (к-15443) и 'Сапсан' показали урожайность на 104–106% выше стандартного сорта 'Валдин 765', урожайность других образцов была в пределах 68–98% от стандарта.

К Лесостепной европейской экологической группе относятся образцы из Ульяновской и Свердловской областей. Образцы из Ульяновской области были среднепоздними, с вегетационным периодом 88,0–92,0 сут. Высота растений составляла 113,0–137,3 см. В годы с повышенным увлажнением и сильными ветрами многие сорта сильно полегли; в таких условиях высокую устойчивость к полеганию (балл устойчивости – 9) показали два образца: У 116/14 (к-15578) и 'Тройка' (к-15621). Для многих образцов характерна длинная метелка – 19,6–29,8 см, с числом зерен от 61,0 до 105,7 шт. Масса 1000 зерен у пленчатых форм достигала 25,8–32,7 г, у голозерных – 15,6–23,7 г. Образцы из Ульяновской области отличались высокими показателями продуктивности одного растения. Большую массу зерна с растения (2,8–3,7 г) формировали линии Ульяновского НИИСХ: 47/12 (к-15448), У-39/14 (к-15567), У-113/14 (к-15576) и др. По устойчивости к стеблевой ржавчине (балл устойчивости – 7–9) выделились образцы: 'Кентер' (к-15565), У-112/14 (к-15575), У-36/14 (к-15666). Групповую устойчивость к корончатой и стеблевой ржавчинам имели линии У-70/14 (к-15573) и У-77/14 (к-15574). Наиболее урожайной оказалась линия У-41/14 (к-15568) – 716,7 г/м² (126% от стандарта). У сорта 'Всадник' (к-15495) за годы изучения мало изменялась масса зерна с 1 м², а у линии 43/12 (к-15446) – масса зерна с 1 м² и пленчатость.

Образцы из Свердловской области среднепоздние и позднеспелые, период 'всходы – созревание' у них – от 88 до 91 сут. Высота растений изменялась по годам от средней до высокой. Высокой устойчивостью к полеганию отличался сорт 'Покров' (к-15580), который был устойчив в полевых условиях к поражению стеблевой и корончатой ржавчинами. Высокие показатели массы зерна и числа зерен в метелке отмечались только у сорта 'Покров' (2,7 г и 72,0 шт. соответственно). Наиболее урожайными в этой экологической группе были образцы 'Атлет' (к-15497) и 'Покров'.

Образцы Западно-Сибирской степной экологической группы из Алтайского края, Кемеровской, Новосибирской, Омской, Томской и Тюменской областей отличались средне- и позднеспелостью. Средняя продолжительность вегетационного периода у изучаемой группы была 88,5 сут. Растения среднерослые, склонность к полеганию имели образцы с высотой от 107,0 до 120,0 см. Однако были выделены устойчивые образцы с прочной соломиной: 'Красавчик' (к-15581, Кемеровская обл.), 'Чемал' (к-15622, Алтайский край), 'Мустанг' (к-15626) и 'Памяти Ушакова' (к-15626) из Томской области. К поражению стеблевой и корончатой ржавчинами в полевых условиях были устойчивы сорта 'Орфей' (к-15452, Алтайский край), 'Новосибирский 5' (к-15453, Новосибирская обл.), 'Гаврош' (к-15439, Кемеровская обл.), 'Мутика 1120' (к-15455, Омская обл.). Многие образцы характеризовались хорошей продуктивностью одного растения – от 2,2 до 2,8 г, в том числе сорта 'Мустанг', 'Чемал', 'Новосибирский 5' и др. Метелка у таких образцов была длинная

(20,3–30,0 см) и раскидистая. Крупное зерно (36,7 г) отмечено у сорта 'Чемал'. Этот сорт выделен как источник крупнозерности за три года изучения. Наибольшее число зерен в метелке (60,5 шт.) имела линия 2204/03 (к-15457, Томская обл.). Высоким содержанием масла (6,0–6,2%) выделились образцы 'Новосибирский 7' (к-15454, Новосибирская обл.), 'Мутика 1120' 3449/00 (к-15456, Томская обл.). Отмечено, что у ряда образцов за годы изучения не было резких колебаний показателей продуктивности, что говорит о засухоустойчивости сортов из Западной Сибири. Наиболее урожайными были образцы 1628/05 (к-15459, Томская обл.) – 665,4 г/м² и 'Памяти Ушакова' (к-15626, Томская обл.) – 642,7 г/м² (урожайность стандарта равнялась 660,1 г/м²).

Образцы из Иркутской области и Бурятии относятся к Восточно-Сибирской экологической группе. Изученный набор представлен среднепоздними образцами. Растения кустились слабо. Высота растений составляла 115–119 см. Устойчивость к полеганию была средняя. Все образцы оказались устойчивыми к стеблевой ржавчине. Сорт 'Тулунский 30' (к-15625, Иркутская обл.) был устойчив к корончатой ржавчине, остальные образцы поражались в средней степени (балл поражения – 5). Метелка образцов характеризовалась повышенной длиной (20,7–26,9 см) и средней массой зерна (1,2–1,6 г). Большую массу зерна с растения имели сорта 'Виленский' (к-15499, Якутия), 'Егорыч' (к-15624) и 'Тулунский 30' из Иркутской области – 2,1–2,4 г. Масса 1000 зерен у изученных образцов была 28,3–33,0 г. Содержание белка у образцов составило в среднем 11,6–12,6%, а масличность – 3,5–5,5%. По урожайности зерна с 1 м² образцы этой группы уступали стандартному сорту на 13–16%.

Образцы из Великобритании, относящиеся к Английской экологической группе, были средне- и позднеспелыми, с массой 1000 зерен 21,3–32,3 г и пленчатостью 23–31%. Продуктивность одного растения была высокая – 2,1–2,5 г. Сорта Местный (к-15286) и 'Progress' (к-15398) были хорошо облиственны и устойчивы к повреждению пьявицей. Большинство образцов показали восприимчивость к корончатой ржавчине. Выделены устойчивые к стеблевой ржавчине образцы: 'Conway' (к-15630), 'Lennon' (к-15631), '14789 CN' (к-15629). Эти же образцы также были устойчивы к полеганию, имея прочный стебель. Образцы '14789 CN' и 'Conway' показали высокую урожайность (624,1 и 706,6 г/м²).

Образцы овса Скандинавской экологической группы из Дании, Норвегии и Швеции были среднеспелыми и среднепоздними. Метелка образцов по величине была средняя и длинная, масса зерна с метелки составляла 1,3–2,0 г. Большое число зерен в метелке (75,9 и 83,0 шт. соответственно) отмечено у сортов 'SW Margaret' (к-15395, Швеция) и 'Bessin' (к-15611, Норвегия). У других сортов эти показатели были средними. Образцы имели зерно мелкое и средней крупности (масса 1000 зерен – 22,3–34,2 г). Содержание белка в зерне составляло 13,1–13,4%, жира – от 4,1 до 6,0%. Большинство образцов были восприимчивы к грибным болезням, за исключением сортов 'SW Margaret' и 'Trekornet Gul' (к-15396, Дания). Высота растений была средней и выше средней (99–125 см). Устойчивость к полеганию оценивалась баллами от 3 до 9. Сорта 'SW Ingeborg' (к-15394, Швеция), 'Valer' (к-15612), 'Bessin' (к-15611, Норвегия) имели прочную соломинку и не полегли (балл устойчивости – 9). Выделялись хорошо облиственные сорта из Швеции: 'Trekornet Gul', 'SW Argull' (к-15393), 'SW Ingeborg', 'SW Margaret'. Повышенной урожайностью отличались сорта из Норве-

гии 'Ringsaker' (к-15496) – 672,0 г/м² и 'Valer' (к-15469) – 708,8 г/м².

Западно-Европейская «озимая» экологическая группа в изучении представлена сортами из Франции. Эти сорта были среднеспелыми и среднепоздними, с вегетационным периодом 84–90 сут. Растения были средней высоты (85–107 см) и высокие (125–141 см). Масса 1000 зерен составляла 20,0–32,2 г, пленчатость – 22–32%. Наиболее продуктивными среди французских сортов были 'Auteuill' (к-15400), 'Chautilly' (к-15401), 'Japeloup' (к-15402), показавшие урожайность на уровне 92–95% от стандартного сорта. В условиях степной зоны Краснодарского края среди образцов из Франции выделились сорта: 'Minue' (к-15404), 'Avoine Nue Renne' (к-15399), 'Joanette' (к-1833), отличившиеся высокой устойчивостью к корончатой ржавчине. Сорт 'Joanette' не поражен стеблевой ржавчиной, красногрудой пывией, имел хорошую облиственность и показал низкий процент пленок в зерне. По содержанию жира в зерне на уровне 6,1–6,3% выделились сорта 'Japeloup', 'Avoine Nue Renne' (к-15399), 'Balino' (к-15403).

Образцы из Украины, Болгарии, Венгрии, Польши, Молдавии и Казахстана относятся к Степной экологической группе. Продолжительность периода вегетации у образцов этой группы составила от 84 до 92 сут. Они имели среднепродуктивную метелку с числом зерен 31–71 шт. и массой 1000 зерен 23,6–33,8 г. Сорта из Украины 'Закат' (к-15384) и 'Бусал' (к-15385) в благоприятные годы формировали крупное выполненное зерно (40,0–41,2 г). Все сорта были среднерослые, не склонные к полеганию. Высокую продуктивность растений (2,4–2,9 г) показали украинские сорта: 'Сарон' (к-15386), 'Закат' и 'Свитанок' (к-15504), а также сорта 'Донен' (к-15627, Казахстан), 'Cvat' (к-15341, Польша), 'Saltaret' (к-15388, Молдова). Хорошая облиственность отмечена у сортов из Украины – 'Дарунок' (к-15383), 'Закат', 'Бусал', 'Сарон' и у сортов из Казахстана – 'Никола' (к-15389), 'Кулагер' (к-15464), 'Кулан' (к-15628). В полевых условиях к поражению корончатой и стеблевой ржавчиной высокоустойчивы были сорта из Украины: 'Закат', 'Житомирский' (к-15502), 'Свитанок', 'Визит' (к-15501), 'Раньостыглый' (к-15503), 'Смачный' (к-15382). Образцы из Казахстана не поражались корончатой ржавчиной, а сорта 'Донен' и 'Кулан' сочетали устойчивость к стеблевой ржавчине и устойчивость к повреждению пывией. Содержание масла 5,5–6,0% показали сорта 'Житомирский', 'Свитанок', 'Смачный' из Украины и сорт 'Донен' из Казахстана. Урожайность на уровне стандартного сорта была отмечена у образцов 'Cvat', 'Deresz' (к-15430) из Польши, 'Kesztheslyi TF' (к-15427, Венгрия), 'Раньостыглый' из Украины. В благоприятные по увлажнению годы сорта 'Никола', 'Кулагер' и 'Жорга' (к-15465) из Казахстана формировали урожайность 810–835 г/м². Урожайность остальных образцов составила 76–89% от стандарта.

Низинная Западно-Европейская экологическая группа была представлена образцами из Московской области, Белоруссии и Германии. Все образцы из Московской области по продолжительности вегетационного периода относились к среднепоздним и позднеспелым, период «всходы – созревание» у них – от 88 до 91 сут. Высота растений изменялась по годам от средней до высокой. Высокой устойчивостью к полеганию отличались линии ФИЦ «Немчиновка» КСИ-35-14 (к-15553), КП-27-14 (к-15556), КП-33-14 (к-15557), 2СП-98-14 (к-15560), 2СП-197-14 (к-15563). Все образцы в полевых условиях поражались стеблевой и корончатой ржавчинами и не отличались

большой массой зерна в метелке. Большое число зерен в метелке (больше 60 шт.) имели линии КСИ-40-14 (к-15555), КП-27-14, 2СП-135-14 (к-15561). Наиболее урожайными в этой экологической группе были линии из Московской области: КП-33-14, КСИ-22-14 (к-15552), КП-42-14 (к-15559). Образцы из Белоруссии представлены среднепоздними сортами, высота растений составляла 101–113 см, к полеганию они были устойчивы. Кустистость растений составляла 1,1–1,4 шт. Зерно мелкое и среднее по величине (25,0–32,3 г). Высокое содержание масла отмечено в зерне голозерного сорта 'Владыка' (к-15408) – 6,2%. Сорта 'Королек' (к-15461) и 'Элегант' (к-15463) были устойчивы к корончатой и стеблевой ржавчине. Урожайность образцов из Белоруссии составила 394,0–649,0 г/м² (59,7–98,3% от стандарта). Образцы из Германии были среднеспелыми. Растения имели низкую и среднюю высоту соломины (74,7–113,0 см), были устойчивы к полеганию. У сортов 'Genziana' (к-15417), 'Krezus' (к-15419), 'Malin' (к-15421), 'Prelekt' (к-15423), 'Buggy' (к-15507), 'Kurt' (к-15511) соломина очень прочная, они не полегли даже при ливневых дождях. Выделены образцы, устойчивые к корончатой ржавчине: 'Genziana', 'Kalle' (к-15466), 'Nike' (к-15467), 'Poseidon' (к-15468), 'Max' (к-15512), 'Oberon' (к-15513); устойчивые к стеблевой ржавчине: 'Kaplan' (к-15510), 'Rasputin' (к-15409); устойчивые к двум патогенам: 'Fux' (к-15506), 'Flocke' (к-15509). Высокую массу зерна с растения (2,3–2,7 г) показали сорта 'Genziana', 'Zorro' (к-15516), 'Ozon' (к-15473), 'Dragomireste' (к-15412). Масса 1000 зерен у этих сортов составила 26,6–35,9 г. За годы изучения сорта 'Duffy' (к-15410), 'Effektiv' (к-15413), 'Furman' (к-15416), 'Husky' (к-15418), 'Krezus', 'Pergamon' (к-15422) имели массу 1000 зерен 40,0–42,4 г. В этой группе есть хорошо облиственные формы: 'Genziana', 'Furth' (к-15415), 'Furman'. Выделены сорта с высоким (более 6%) содержанием жира – 'Effektiv', 'Krezus', 'Kalle', 'Warva' (к-15426). Среди образцов из Германии много высокоурожайных образцов, превышающих стандартный сорт на 107–116%; это образцы 'Duffy', 'Effektiv', 'Krezus', 'Malin', 'Poseidon', 'Symphony' (к-15472), 'Simon' (к-15515), 'Zorro', 'Flocke', 'HSH 461-11' (к-15639).

В Субтропическую влажную экологическую группу входят сорта из средиземноморских стран – Турции, Алжира, Марокко, Туниса. Эти сорта среднеспелые, склонны к полеганию. Кустистость растений слабая. Длина метелки составляла 19–26 см, метелка малопродуктивная. Масса 1000 зерен – от 28,0 до 40,5 г. Наиболее крупнозерные образцы – 'Spontaine' (к-15593, Алжир) и Местный (к-15432, Марокко), которые формировали зерно с массой 1000 зерен 38,2–43,2 г. К корончатой ржавчине были устойчивы образцы Местный (к-15521, Тунис) и 1610 (к-15590, Турция). По урожайности все образцы уступали стандарту.

К Китайско-Монгольской экологической группе относятся 34 образца из Китая, в том числе 25 голозерных. Образцы имели высоту растений 98–127 см и были в основном устойчивы к полеганию, имели среднюю облиственность и кустистость 1,1–2,1 шт. По продолжительности вегетационного периода они относятся к среднепоздним и поздним. Вегетационный период наиболее раннеспелого образца 'Bai Yan 8' (к-15662) составил 79 сут. Этот образец выделен как источник скороспелости за три года изучения. Китайские образцы имеют средние по величине и длинные метелки (18–26 см) с малой и средней зерновой продуктивностью (0,6–1,9 г). Высокие показатели по числу зерен в метелке (64,5–

77,6 шт.) были найдены у голозерных образцов 'Ning Yan 1' (к-15655), 'Yan 2014' (к-15658) и пленчатого 'Zhan Yan 5' (к-15651). Масса 1000 зерен пленчатых форм малая и средняя (23,1–32,2 г), пленчатость – 20–33%. Зерно голозерных образцов средней крупности и крупное. Выполненное и полновесное зерно (25,2–29,8 г) формировали голозерные сорта 'Din Yan 6' (к-15518), 'Juan Za 1' (к-15656), 'Juan Za 2' (к-15647). Большую массу зерна с растения (2,4–3,2 г) показали сорта 'Bai Yan 10' (к-15657), 'Din Yan 3' (к-15519), 'Ba Yan 14' (к-15667), 'Ning Yan 1' (к-15655). По устойчивости к корончатой ржавчине выделялись образцы 'Bai Yan 2' (к-15525), 'Bai Yan 6' (к-15523), 'Z-0585' (к-15251). Отсутствие поражения стеблевой ржавчиной отмечалось у сортов 'Zhan Yan 9' (к-15652), 'Zhan Yan 3' (к-15654), 'Bai Yan 10'. Высоким содержанием белка в зерне (17,7–18,3%) характеризовались сорта голозерного овса 'Bai Yan 4' (к-15650), 'Bai Yan 10', 'Bai Yan 8' (к-15662). По урожайности образцы из Китая в большинстве своем существенно уступали стандарту. Среди изученных образцов только сорта 'Zhan Yan 3' (к-15654), 'Zhan Yan 5' (к-15651), 'Zhana Yan 4' (к-15659) были урожайнее стандартного сорта 'Валдин 765' на 104–109%.

К Северо-Американской экологической группе относятся образцы из США. Сорта ранние и среднеспелые (79–88 сут.). Растения были средней высоты и высокие (91–128 см), среднеустойчивы к полеганию. Масса 1000 зерен составила 22,2–32,1 г, пленчатость – 23,3–43,5%. Образцы отличались групповой устойчивостью к корончатой и стеблевой ржавчине. Урожайность образцов составляла 75–96% от стандартного сорта. Сорта были засухоустойчивы и жаростойки, все они характеризуются слабой изменчивостью за годы изучения таких показателей продуктивности, как масса 1000 зерен и урожайность зерна с 1 м². Наиболее стабильные показатели урожайности за годы изучения отмечены у образцов 'C.I. 3326' (к-15475), 'C.I. 3300' (к-15476), 'Missouri 4102' (к-15495), 'Clintland 60' (к-11182). Высокое содержание белка (16,2%) отмечено у сорта 'Trucker' (к-15272). Высокое содержание масла в зерновках было у сортов 'Putnam' (к-11200), 'Hecht' (к-15407), 'Delta 5204-7' (к-15674), 'Santa Fe' (к-11009) – 6,0–6,2%.

Образцы из Бразилии, Аргентины и Перу относятся к Южно-Американской экологической группе. Большинство образцов отличались исключительной скороспелостью (вегетационный период – 76–83 сут.). Короткая продолжительность общего периода вегетации позволяет уходить от «захвата зерна» (преждевременное созревание зерна) во время высоких июльских температур, сопровождаемых суховеями, что делает такие образцы ценными в условиях Кубани. Самый короткий вегетационный период (76–78 сут.) отмечен у образцов из Бразилии (Universidade Federal do Rio Grande do Sul) 'UFRGS 086136-5' (к-15682), 'UFRGS 996086-3' (к-156860), 'UFRGS 1' (к-15529), 'UFRGS 2' (к-15530), 'URS Tarimba' (к-15485). Растения были низкорослыми и среднерослыми, устойчивыми к полеганию, со слабой облиственностью. Листовые пластинки узкие, небольшой длины. Все образцы были устойчивы к грибным заболеваниям. Масса зерна с растения характеризовалась как средняя и высокая (1,6–4,8 г). Образцы имели зерно выше средней крупности и крупное – 31–39 г. Выделились крупнозерные (33,3–37,3 г) образцы с низкой пленчатостью (21–24%): 'UFRGS 930597-4' (к-15607), 'UFRGS 1' (к-15529), 'URS Estampa' (к-15491), 'UFRGS 086024-2' (к-15679) и 'UFRGS 086073-3' (к-15680). Зерновая продуктивность средняя. Содержание масла составляло 3,6–

6,1%. Образцы 'UFRGS 7' (к-15532), 'UFRGS 11' (к-15536), 'UFRGS 14' (к-15538) отличались высоким содержанием белка (15,0–15,9%). За годы изучения у многих образцов существенно не изменялись показатели урожайности, пленчатости и массы 1000 зерен, что указывает на их способность переносить дефицит влаги и действие высоких температур.

У образцов Австралийской экологической группы вегетационный период составлял от 82 до 90 сут., высота растений – от 52,6 до 146,6 см. Все образцы были устойчивы к полеганию, за исключением сорта 'Brusher' (к-15172) с коротким и прочным стеблем. Масса 1000 зерен изменялась от низкой до высокой (25,3–38,4 г), пленчатость зерна составила 27,3–31,3%. Сорт 'Dooke 10' (к-15477) выделялся по устойчивости к корончатой ржавчине и высокому содержанию белка в зерне (15,2%). Не поражались стеблевой ржавчиной сорта 'Moore' (к-13672) и 'Bulban' (к-14164). Сорт 'Brusher' (к-15172) был устойчив к двум видам ржавчины и показал лучшие результаты по содержанию жира в зерновке (6,0%). Урожайность образцов была ниже стандарта и составила 322,0–583 г/м².

В результате изучения 307 образцов овса различного эколого-географического происхождения были выделены источники селекционных признаков, которые представлены в таблице 3.

Заключение

В условиях Кубанской опытной станции урожайность коллекции овса в 2014–2019 гг. в среднем составила 537,1 г/м², масса 1000 зерен – 28,9 г, продолжительность вегетации – 86,7 сут. Эти показатели значительно варьировали по годам изучения. Наиболее стабильными были масса 1000 зерен и длина метелки, наиболее переменными – масса зерна с растения и устойчивость к полеганию.

Наблюдающийся в Краснодарском крае в последние десятилетия активный рост температур сопровождается слабым ростом осадков. Эти условия остаются благоприятными для роста и развития овса, как свидетельствуют наблюдения за сортом 'Валдин 765': наблюдается ускорение развития, сопровождающееся увеличением высоты растения и урожайности. Основным погодным фактором этой динамики является слабый рост осадков мая. Рост температур, в частности температуры июня, может снизить поражение корончатой ржавчиной. Потепление создает предпосылки для более раннего посева, что может увеличить продолжительность межфазного периода «всходы – выметывание» и, в свою очередь, повысить урожайность. Отрицательным эффектом роста осадков мая может стать увеличение полегания посевов.

Наиболее значительные различия образцов коллекции овса связаны с различными сроками созревания и характеристиками метелки. Высокая урожайность образцов в условиях Краснодарского края ассоциирована с высокой массой 1000 зерен, которая положительно связана с продолжительностью периода «выметывание – созревание» и отрицательно – с длиной метелки, числом зерен в метелке, высотой растения и продолжительностью межфазных периодов «всходы – выметывание» и «всходы – созревание».

Выявлено, что образцы различных экологических групп характеризуются определенной выраженностью различных хозяйственно ценных признаков: образцы из Западной Европы (Низинная Западно-Европейская груп-

Таблица 3. Источники хозяйственно ценных признаков овса различного эколого-географического происхождения**Table 3. Sources of useful agronomic traits among oat accessions of various ecogeographic origin**

Признак	Происхождение	Лучшие образцы
Скороспелость	Бразилия	'URS Charrua', 'URS Estampa', 'URS Tarimba', 'URS Guira', 'UFRGS 1', 'UFRGS 2'
Устойчивость к полеганию	Германия, Словакия, Великобритания	'Genziana', 'Krezus', 'Malin', 'Kurt', 'HSH 395-12', 'HSH 461-11', 'Buggy', 'Prelekt', 'Symphony', 'Vazec', 'Dunaec', 'Beer', 'Hronec', 'Ynovec', 'Clean', 'Lennon', 'Conway', '14 689 CN'
Крупнозерность	Португалия, Бразилия, Марокко	'ST. Mateus', 'URS Torena', 'URS Guana', 'URS Tarimba', 'UFRGS 17', 'UFRGS 036073-3', 'UFRGS 086136-5', 'UFRGS 9', 'UFRGS 0770026-2', 'UFRGS 08608-03', 'UFRGS 970654-3', 'UFRGS 930661-5', Местный
Продуктивность метелки	Россия (Московская, Ульяновская обл.)	КСИ-22-14, КП-35-14, КП-42-14, 2СП-98-14, 47/12, У-115/14
Продуктивность растения	Россия (Московская, Ульяновская обл.), Бразилия	КП-42-14, 2СП-98-14, 2СП-135-14, КСИ-35-14, У-77/14, 'UFRGS 2', 'UFRGS 0770026-2'
Число зерен в метелке	Россия (Московская, Ульяновская обл.)	КП-27-14, КП-33-14, КП-35-14, КП-42-14, 2СП-98-14, 2 СП-135-14, 2СП-149-14, КСИ-2214, КСИ-35-14, У-113, У-134/14, У-115/14, У-116/14, У-134/14, У-39/14, У-66/14, У-77/14, У-112/14
Урожайность зерна	Германия, Норвегия, Великобритания	'Duffy', 'Malin', 'Effectiv', 'Simon', 'Symphony', 'Poseidon', 'HSH 461-11', 'Zorro', 'Valer', 'Conway'
Короткостебельность	Германия, Бразилия, Россия (Ленинградская обл.)	'Kurt', 'Buggy', 'Oberon', 'URS Taura', 'UFRGS 910906-3', 'UFRGS 91095-1-3', 'Пибанд'
Облиственность	Украина, Швеция, Россия (Ульяновская обл.)	'Дарунок', 'Закат', 'Бусал', 'Сапон', 'SW Argull', 'SW Ingeborg', 'SW Margaret', 'Кейтер', У-36/14, У-41/14, У-112/14
Групповая устойчивость к корончатой и стеблевой ржавчине	Россия (Ленинградская, Московская, Ульяновская, Омская обл.), Бразилия, Китай, США	'Скороспелый 1', 'Среднеспелый 1', 'Среднеспелый 2', КП-33-14, КП-35-14, У-70/14, 'Мутика 1120', 'URS Guara', 'URS Charrua', 'URS Torena', 'URS Estampa', 'URS Corona', 'URS Guana', 'URS Tarimba', 'URS Penca', 'URS Taura', 'UFRGS 106150-3', 'UFRGS 1', 'UFRGS 15', 'UFRGS 16', 'UFRGS 17', 'UFRGS 884070-2', 'UFRGS 77041-6', 'UFRGS 086190-1', 'Bao Yan 5', 'Zhan Jan 5', 'Zhan Jan 3', 'Bai Jan 10', 'Bai Jan 8', 'INO 9201', 'Trucker'
Содержание жира в зерне	Россия (Ленинградская, Омская, Кировская обл.), Казахстан, США, Германия	'Скороспелый 1', 'Мутика 1120', 'Сапсан', 'Никола', 'Putnam', 'Krezus', 'Warwa'
Содержание белка	Россия (Кировская, Ульяновская обл.), Украина, Германия, Австралия, США	'Санур', У 35-14, 'Закат', 'Malin', 'Brusher', 'Delta 5104-7'

па) и Скандинавии (Скандинавская группа) наиболее урожайные и устойчивы к полеганию, из Бразилии (Южно-Американская группа) – самые раннеспелые и крупнозерные, сорта из РФ (российские группы), Южной Америки (Южно-Американская группа), США (Северо-Американская группа) и Китая (Китайско-Монгольская группа) отличаются устойчивостью к поражению корончатой

и стеблевой ржавчинами. Отечественные образцы из Московской (Низинная Западно-Европейская группа) и Ульяновской областей (Лесостепная европейская группа) имеют высокие показатели структуры урожайности (масса зерна с 1 метелки, число зерен в метелке, масса зерна с 1 растения). Короткостебельность отмечена у образцов из России (Ленинградская обл.) (Северная рус-

ская группа), Бразилии (Южно-Американская группа) и Германии (Низинная Западно-Европейская группа). Хорошей облиственностью характеризуются российские сорта из Ульяновской области (Лесостепная европейская группа) и зарубежные – из Украины (Степная группа) и Швеции (Скандинавская группа). Высокие биохимические показатели выявлены у образцов из России (Северная русская и Лесостепная европейская группы), США (Северо-Американская группа), Бразилии (Южно-Американская группа) и Китая (Китайско-Монгольская группа).

References / Литература

- Eckardt N.A., Ainsworth E.A., Bahuguna R.N., Broadley M.R., Busch W., Carpita N.C. et al. Climate change challenges, plant science solutions. *The Plant Cell*. 2023;35(1):24-66. DOI: 10.1093/plcell/koac303
- Elsgaard L., Børgesen C.D., Olesen J.E., Siebert S., Ewert F., Peltonen-Sainio P. et al. Shifts in comparative advantages for maize, oat and wheat cropping under climate change in Europe. *Food Additives and Contaminants: Part A*. 2012;29(10):1514-1526. DOI: 10.1080/19440049.2012.700953
- International COMECON list of descriptors for *Avena* L. Leningrad: VIR; 1984. [in Russian] (Международный классификатор СЭВ рода *Avena* L. Ленинград: ВИР; 1984).
- Kole C. (ed.). Genomic designing of climate-smart cereal crops. Cham: Springer; 2020. DOI: 10.1007/978-3-319-93381-8
- Korelina V. A., Batakova O. B., Zobnina I.V., Kabashov A.D. Economic and biological characteristics of the new spring oats variety "Arkhan". *Grain Economy of Russia*. 2021;1(73):20-25. [in Russian] (Корелина В.А., Батакова О.Б., Зобнина И.В., Кабашов А.Д. Хозяйственно-биологические признаки нового сорта овса ярового "Архан". *Зерновое хозяйство России*. 2021;1(73):20-25). DOI: 10.31367/2079-8725-2021-73-1-20-25
- Loskutov I.G. Oat (*Avena* L.). Distribution, systematics, evolution, and breeding value (Oves (*Avena* L.). Rasprostraneniye, sistematika, evolyutsiya i selektsionnaya tsennost'). St Petersburg: VIR; 2007. [in Russian] (Лоскутов И.Г. Овес (*Avena* L.). Распространение, систематика, эволюция и селекционная ценность. Санкт-Петербург: ВИР; 2007).
- Loskutov I.G., Kovaleva O.N., Blinova E.V. Guidelines for the study and preservation of the world collection of barley and oats (Metodicheskiye ukazaniya po izucheniyu i sokhraneniyu mirovoy kollektsii yachmenya i ovsa). St. Petersburg: VIR; 2012. [in Russian] (Лоскутов И.Г., Ковалева О.Н., Блинова Е.В. Методические указания по изучению и сохранению мировой коллекции ячменя и овса. Санкт-Петербург: ВИР; 2012).
- Loskutov I.G., Novikova L.Yu., Kovaleva O.N., Ivanova N.N., Blinova E.V., Belskaya G.V. Ecological-geographic approaches to the study of genetic diversity of barley and oat from the VIR collection. *Ecological Genetics*. 2020;18(1):89-102. [in Russian] (Лоскутов И.Г., Новикова Л.Ю., Ковалева О.Н., Иванова Н.Н., Блинова Е.В., Бельская Г.В. Эколого-географические подходы к изучению генетического разнообразия ячменя и овса из коллекции ВИР. *Экологическая генетика*. 2020;18(1):89-102). DOI: 10.17816/ecogen16128
- Mordvinkina A.I., Ecological and geographical classification of cultivated and weed-field oats (Ekologo-geograficheskaya klassifikatsiya kulturnykh i sorno-polevykh ovsov). *Doklady Vsesoyuznoy akademii selskokhozyaystvennykh nauk im. V.I. Lenina = Reports of the V.I. Lenin All-Union Academy of Agricultural Sciences*. 1939;(5):3-10. [in Russian] (Мордвинкина А.И. Эколого-географическая классификация культурных и сорно-полевых овсов. *Доклады Всесоюзной академии сельскохозяйственных наук им. В.И. Ленина*. 1939;(5):3-10).
- Rodionova N.A., Soldatov V.N., Merezhko V.E., Yarosh N.P., Kobylansky V.D. Flora of cultivated plants. Vol. 2 (Pt 3). Oat (Kulturnaya flora. T. 2, ch. 3. Oves). Moscow: Kolos; 1994. [in Russian] (Родионова Н.А., Солдатов В.Н., Мережко В.Е., Ярош Н.П., Кобылянский В.Д. Культурная флора СССР. Т. 2, ч. 3. Овес. Москва: Колос; 1994).
- Tulyakova M.V., Batalova G.A., Loskutov I.G., Permyakova S.V., Krotova N.V. Assessment of adaptability parameters in hulled oat germplasm accessions in terms of their yield in the environments of Kirov Province. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2021;182(1):72-79. [in Russian] (Тулякова М.В., Баталова Г.А., Лоскутов И.Г., Пермякова С.В., Кротова Н.В. Оценка адаптивных параметров коллекционных образцов овса пленчатого по урожайности в условиях Кировской области. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2021;182(1):72-79). DOI: 10.30901/2227-8834-2021-1-72-79
- Vavilov N.I. Centers of origin of cultivated plants (Tsentry proiskhozhdeniya kulturnykh rasteniy). In: *N.I. Vavilov. Selected Works. Vol. 5 (N.I. Vavilov Izbrannye trudy. T. 5)*. Moscow; Leningrad; 1965. p.9-107. [in Russian] (Вавилов Н.И. Центры происхождения культурных растений. В кн.: *Н.И. Вавилов. Избранные труды. Т. 5*. Москва; Ленинград; 1965. С.9-107).
- Winkler L.R., Bonman J.M., Chao S., Yimer B.A., Bockelman H., Klos K.E. Population structure and genotype-phenotype associations in a collection of oat landraces and historic cultivars. *Frontiers in Plant Science*. 2016;7:1077. DOI: 10.3389/fpls.2016.01077

Информация об авторах

Нина Петровна Войцукская, научный сотрудник, Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Кубанская опытная станция – филиал ВИР, 352183 Россия, Краснодарский край, Гулькевичский район, п. Ботаника, ул. Центральная, 2, voysuckaya63@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0009-1155-2162>

Игорь Градиславович Лоскутов, доктор биологических наук, доцент, главный научный сотрудник, заведующий отделом, Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, 190000 Россия, Санкт-Петербург, ул. Б. Морская, 42, 44, профессор, Санкт-Петербургский государственный университет, 199034 Россия, Санкт-Петербург, Университетская наб., 7–9, i.loskutov@vir.nw.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9250-7225>

Елена Владимировна Блинова, кандидат сельскохозяйственных 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, e.blinova@vir.nw.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8898-4926>

Любовь Юрьевна Новикова, доктор сельскохозяйственных наук, заведующая отделом, Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, 190000 Россия, Санкт-Петербург, ул. Б. Морская, 42, 44, l.novikova@vir.nw.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4051-3671>

Information about the authors

Nina P. Voytsutskaya, Researcher, N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, Kuban Experiment Station – branch of VIR, 2 Tsentralnaya St., Krasnodar 352183, Russia, voytsutskaya63@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0009-1155-2162>

Igor G. Loskutov, Dr. Sci. (Biology), Associate Professor, Chief Researcher, Head of a Department, N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, 42, 44 Bolshaya Morskaya Street, St. Petersburg 190000, Russia, Professor, St. Petersburg State University, 7-9 Universitetskaya Emb., St. Petersburg 199034, Russia, i.loskutov@vir.nw.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9250-7225>

Elena V. Blinova, Cand. Sci. (Agriculture), Senior Researcher, N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, 42, 44 Bolshaya Morskaya Street, St. Petersburg 190000, Russia, e.blinova@vir.nw.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8898-4926>

Liubov Yu. Novikova, Dr. Sci. (Agriculture), Head of a Department, N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, 42, 44 Bolshaya Morskaya Street, St. Petersburg 190000, Russia, l.novikova@vir.nw.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4051-3671>

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 25.03.2024; одобрена после рецензирования 27.05.2024; принята к публикации 04.09.2024.
The article was submitted on 25.03.2024; approved after reviewing on 27.05.2024; accepted for publication on 04.09.2024.