

Изучение голозерного овса из коллекции ВИР на качественные показатели в условиях Казахстана

DOI: 10.30901/2227-8834-2021-1-9-21

УДК 633.16:631.52

Поступление/Received: 23.12.2020

Принято/Accepted: 01.03.2021



А. И. АБУГАЛИЕВА¹, И. Г. ЛОСКУТОВ^{2*},
Т. В. САВИН³, В. А. ЧУДИНОВ³

¹ Казахский научно-исследовательский институт земледелия и растениеводства, 40909 Республика Казахстан, Алматинская обл., Карасайский р-н, п. Алмалыбак, ул. Ерленесова, 1

² Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, 190000 Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Б. Морская, 42, 44

³ Карабалыкская сельскохозяйственная опытная станция, 10908 Республика Казахстан, Костанайская обл., Карабалыкский р-он, п. Научный, ул. Тимирязева, 1

* i.loskutov@vir.nw.ru

Evaluation of naked oat accessions from the VIR collection for their qualitative characteristics in Kazakhstan

А. И. АБУГАЛИЕВА¹, И. Г. ЛОСКУТОВ^{2*},
Т. В. САВИН³, В. А. ЧУДИНОВ³

¹ Kazakh Research Institute of Agriculture and Crop Production, 1 Erlepesova St., Almalybak, Karasay District, Almaty Region 40909, Republic of Kazakhstan

² N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, 42, 44 Bolshaya Morskaya Street, St. Petersburg 190000, Russia

³ Karabalyk Agricultural Experimental Station, 1 Timiryazeva St., Nauchnyy Settle., Karabalyk District, Kostanay Region 10908, Republic of Kazakhstan

* i.loskutov@vir.nw.ru

Актуальность. Зерно голозерных сортов овса имеет более оптимальный биохимический состав для производства качественных диетических продуктов питания и кормов. Сравнительно низкая адаптивность сдерживает распространение сортов голозерного овса, популярность которых год от года растет. В настоящее время в Казахстане районированы только пленчатые сорта овса; таким образом, направление селекции для создания высокопродуктивных голозерных сортов овса является довольно актуальным.

Материалы и методы. Исследовали 35 образцов голозерного овса (*Avena sativa* L. subsp. *nudisativa* (Husnot.) Rod. et Sold.) из мировой коллекции ВИР, подобранных для условий Казахстана по вегетационному периоду, засухоустойчивости и зерновой продуктивности. Изучение проводили в 2015–2017 гг. на полях Казахского НИИ земледелия и растениеводства (КИЗ, г. Алматы) и Карабалыкской сельскохозяйственной опытной станции (г. Костанай). Качество зерна голозерного овса оценивали по комплексу биохимических характеристик различными методами: содержание белка и его фракций, крахмала и амилозы, масла и жирных кислот, β -глюканов.

Результаты. Изучение данного набора образцов голозерного овса из коллекции ВИР в условиях юго-востока Казахстана показало более высокие средние показатели содержания протеина в зерне по сравнению с условиями севера. В результате изучения для условий юго-восточных и северных регионов Казахстана выделены образцы голозерного овса с повышенными и стабильными показателями содержания протеина, крахмала, амилозы, жира, отдельных жирных кислот и β -глюканов. Весь выделенный материал будет использован в селекционных программах Республики Казахстан для создания высокоурожайных высококачественных голозерных сортов овса.

Ключевые слова: белок, протеин, аминокислотный состав, крахмал, амилоза, жир, жирнокислотный состав, β -глюканы, газовая хроматография.

Background. The grain of naked oat varieties has a unique biochemical composition (increased content of protein, starch, fat, and β -glucans) for the production of high-quality dietary food and feed. Relatively low adaptability restrains the spread of naked oat cultivars, but the demand for them has been increasing from year to year. Currently, only hulled oat cultivars are introduced into industrial cultivation in Kazakhstan, so the breeding trend aimed at the development of high-yielding naked oat cultivars may be regarded as a priority.

Materials and methods. Thirty-five accessions of naked oats (*Avena sativa* L. subsp. *nudisativa* (Husnot.) Rod. et Sold.) were selected from the germplasm collection of the N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR) for their suitability for the conditions in Kazakhstan in terms of the growing season, drought resistance and grain productivity. The study was carried out in 2015–2017 in the fields of the Kazakh Research Institute of Agriculture and Crop Production (Almaty) and the Karabalyk Agricultural Experimental Station (Kostanay). Grain quality of naked oats was assessed by various methods according to a set of biochemical characters: the content of protein and its fractions, starch, amylose, fat and fatty acids, and β -glucans.

Results. The study of naked oat accessions from VIR in the environments of the southeastern Kazakhstan showed higher average values of protein content in grain than under the conditions in the north. As a result of the study, naked oat accessions with increased and stable indicators of the content of protein, starch, amylose, fat, individual fatty acids and β -glucans were identified for the conditions of the southeastern and northern regions of Kazakhstan. All selected accessions will be used in breeding programs of the Republic of Kazakhstan to develop high-yielding and high-quality naked oat cultivars.

Key words: protein, amino acid composition, starch, amylose, fat, fatty acid composition, β -glucans, gas chromatography.

Введение

Овес – одна из наиболее распространенных и важных зерновых культур в мировом производстве. Посевы этой культуры в мире, по данным ФАО, составляют свыше 12,0 млн га с валовым сбором около 27,0 млн т при средней урожайности 2,3 т/га. Для различных регионов России в настоящее время в Реестре селекционных достижений РФ по овсу насчитывается 123 сорта ярового и 5 сортов озимого овса, среди них 11 сортов голозерного овса (Loskutov, 2007). В Казахстане зарегистрировано 12 сортов пленчатого овса, в том числе 6 сортов казахстанской селекции, при посевной площади под овсом 200–250 тыс. га (Abugaliev, Azhgaliev, 2010b; Zhundibaev, Sariev, 2009). Одним из пионеров селекции овса в Казахстане является Красновоподская селекционно-опытная станция (Красновоподская СОС), которая начала проводить селекционную работу по овсу с 1929 г. Среди первых сортов этой станции были ‘Красновоподский 167’ и ‘Красновоподский 132/4093’. В Казахстане наибольшие территории были заняты районированными сортами овса: ‘Золотой дождь’, ‘Орел’, (Швеция), ‘Марктон’ (США), ‘Льговский 102’, ‘Мирный’ (Россия), ‘Синельниковский 14’ (Украина). В настоящее время целенаправленная работа по селекции ярового овса в Казахстане проводится в Казахском НИИ земледелия и растениеводства (КИЗ) и в Казахском НИИ зернового хозяйства им. А.И. Бараева (КазНИИЗХ). До 2000 г. селекция зимующего овса проводилась на Красновоподской СОС. Силами селекционеров этих учреждений за последние годы созданы следующие сорта овса: ‘Эверест’, ‘Балауса’, ‘Сарыагаш’, ‘Онтустик’ (Красновоподская СОС); ‘Казахстанский 70’, ‘Тулпар’, ‘Аргымак’, ‘Кулагер’, ‘Байге’, ‘Аламан’, ‘Жорга’ (КИЗ); ‘Битик’, ‘Иртыш-15’, ‘Арман’, ‘Никола’ (КазНИИЗХ). Из сортов, допущенных к использованию в Республике Казахстан, широко возделываются такие сорта, как ‘Казахстанский 70’, ‘Аргымак’, ‘Кулаг’, ‘Байге’ и ‘Битик’ (Zhundibaev, Sariev, 2009).

Все созданные сорта приспособлены к возделыванию в определенных зонах их районирования и соответствуют моделям сортов, описанным в работах оригинаторов (Kravchenko, 2004; Zhundibaev, Sariev, 2009; Konurbekov, 2001).

Наряду с пленчатыми сортами в России и других странах используют голозерные сорта овса, которые по сравнению с пленчатыми характеризуется рядом преимуществ при их переработке. Такие сорта имеют уникальный биохимический состав зерна для производства качественных диетических продуктов питания и кормов. Сравнительно низкая адаптивность сдерживает распространение сортов голозерного овса, спрос на использование которых год от года возрастает. В настоящее время в Казахстане районированы только пленчатые сорта овса (Abugaliev, Azhgaliev, 2010c). Таким образом, направление селекции для создания высокопродуктивных голозерных сортов овса является довольно актуальным.

Белок овса очень ценен, и у различных сортов его ценность колеблется от 55 до 66 единиц. Пищевая ценность белка определяется, в первую очередь, содержанием незаменимых аминокислот – лизина, триптофана, метионина, треонина, валина, фенилаланина, лейцина, изолейцина. Белок овса легко усваивается организмом человека и отличается от белка пшеницы и ячменя повышенным содержанием незаменимых аминокислот. Ценность овса и продуктов его переработки на пищевые и кормо-

вые цели связана с особенностями биохимического состава его зерна.

Содержание протеина в зерне овса колеблется в широких пределах: от 9,0–23,9% для дикорастущих форм, а для посевного овса *Avena sativa* L. – в пределах 11–18% (Loskutov et al., 1999). Высокопродуктивные районированные пленчатые сорта овса, широко возделываемые в Западной Сибири, имеют невысокое содержание белка (в среднем 10,7–12,0%) и незначительно различаются по основным показателям качества зерна, о чем свидетельствуют многолетние данные конкурсного сортоиспытания (Kozlova, Akimova, 2009).

Для казахстанских сортов пленчатого овса характерны пределы содержания белка в зерне от 9,0% до 22,9% в зависимости от условий выращивания. Максимальными значениями отличались сорта ‘Казахстанский 70’ (22,9%), ‘Байге’ (21,1%), ‘Кулагер’ (20,8%) и ‘Скакун’ (20,7%), выращенные в более засушливых условиях (Abugaliev, 2011b). Для большинства районированных сортов наибольшее количество белка находится в пределах 12,1–14,0%. Сорта ‘Синельниковский 14’ и ‘Тарманский’ характеризуются в значительной степени уровнем белка 14–16%, сорта ‘Байге’, ‘Арман’ – 14,0–18,0%, а сорт ‘Аламан’ – 16–20% (Abugaliev et al., 2012b). Кластерный анализ позволил дифференцировать сорта по потенциалу и стабильности формирования уровня белка в зерне: высокобелковые (выше 16,0% протеина и с частотой встречаемости 12–25% для сортов ‘Скакун’, ‘Памяти Богачкова’, ‘Битик’, ‘Иртыш 15’, ‘Казахстанский 70’ и 40–99% для сортов ‘Байге’, ‘Арман’, ‘Марктон’ и ‘Аламан’) и относительно низкобелковые (до 14%) (Abugaliev et al., 2011a).

У сортов, выращенных в различных регионах Казахстана, содержание протеина в зерне уменьшалось от центральных районов через западные, северные, восточные к южным районам страны. Повышенным содержанием протеина характеризуются в основном сорта зернофуражного направления.

Качество белка зерна определяется наличием и соотношением его фракций, что влияет на специфику использования зерна овса на различные цели (Abugaliev, Azhgaliev, 2010a). Белковый комплекс зерна у пленчатых сортов овса (Kozlova, Akimova, 2009) был представлен в основном низкомолекулярными белками (альбуминами + глобулинами, 38,8–40,7%); у голозерных форм преобладали глютелины (47,3–50,4%). Содержание проламинов в зерне овса по сравнению с другими фракциями низкое (12,8–15,9%). При этом голозерные сорта отличались от пленчатых меньшим количеством спирторастворимых белков, что, в свою очередь, может свидетельствовать о лучшей сбалансированности белка голозерных форм по аминокислотному составу (Abugaliev, Azhgaliev, 2010b; Abugaliev et al., 2011a).

Первичный анализ содержания и соотношения фракций белка пленчатых форм овса Казахстана позволил выявить соотношение различных классов соединений: альбумин и глобулин – в пределах 22,1–40,0%, проламин (авенин) – в пределах 6,6–11,1% и глютелин – 19,9–43,0% к белку. Так, максимальное содержание водо- и солерастворимых соединений альбуминового и глобулинового типа было выявлено для сортов ‘Мирный’ и ‘Скакун’ (40 и 35% к белку соответственно), а по содержанию глютелинового типа выделились сорта ‘Скакун’ и ‘Тарманский’. Наименьшим количеством спирторастворимой авениновой фракции (с преобладанием аспарагиновой аминокислоты, пролина и ряда других особенностей аминокис-

лотного состава) отличались сорта 'Синельниковский 14', 'Алтайский крупнозерный', 'Шалкар' (6,6; 7,0 и 7,5% соответственно) (Abugaliev et al., 2011b).

Сорта, обладающие низкоавениновым типом белка, перспективны для получения из них продуктов безглютенового типа (gluten free) (Aalto-Kaarlehto et al., 1988), а также при добавлении таких сортов к пшеничной муке для производства хлебобулочных изделий в качестве основы здорового питания.

В овсяной муке содержание белков проламинового типа минимально, поэтому добавление овсяной муки в пшеничную повышает усвояемость белков. Однако сортовой аспект выбора лучшего сырья остается открытым, в том числе с учетом особенностей крахмального комплекса и состояния жирнокислотного состава – прежде всего, для голозерных форм.

В настоящее время приобретают особое значение технологические исследования зерновых и бобовых культур как сырья для функционального и здорового питания и, соответственно, биохимический скрининг для обоснования биотехнологического использования зерна (глубокая переработка клейковины, крахмала, спирта и т. д.). Важной характеристикой перевариваемости зерна является наличие в нем крахмала. По своей структуре крахмал овса стоит ближе к наиболее крахмалистой культуре – рису – и значительно отличается от крахмала пшеницы. По данным Г. Я. Козловой и О. В. Акимовой (Kozlova, Akimova, 2009), содержание крахмала – относительно стабильный показатель, который в меньшей степени (по сравнению с содержанием протеина) зависит от условий выращивания. При этом пленчатые сорта уступают голозерным формам по содержанию крахмала (48% против 57%). О сортовых особенностях качества крахмала овса можно судить по содержанию в нем амилозы и амилопектина (Abugaliev, 2011a, 2012). Содержание амилозы в крахмале овса в 1,5 раза ниже содержания этого компонента в крахмале пшеницы (Paton, 1986) и составляет 25–30%, выгодно отличаясь от крахмала других зерновых культур по своим физическим показателям (Peterson, 2004). Соотношение между ними определяет консистенцию каш и их развариваемость. Лучшие по сравнению с пленчатыми показатели качества крахмала в зерновке овса были выявлены у голозерных форм *A. sativa*. Максимальные показатели по содержанию амилозы в крахмале были найдены у форм *A. byzantina* К. Koch. Высокое качество крахмала было отмечено у австралийских районированных сортов овса, которые большей частью относятся к виду *A. byzantina* (Hall, Tarr, 2000). Содержание амилозы в зерне овса варьировало от 1,2% для сорта 'Никола' до 12,0% для сорта 'Жорга'.

По данным комиссии по сортоиспытанию Казахстана (Abugaliev, Azhgaliev, 2010b), содержание амилозы в зерне сортов овса варьировало от 3,0% ('Битик' и 'Никола') до 7,8% ('Памяти Богачкова') и 6,7% ('Скакун'). В среднем содержание амилозы в зерне сортов Казахстана варьирует от 3% до 12% в зависимости от генотипа и условий выращивания. Сорта 'Арман', 'Жорга' выделены как перспективные по качеству крахмала для переработки, а сорта 'Битик', 'Никола', 'Скакун' и 'Аламан' – как наиболее ценные по перевариваемости для диетического использования. Изучение коллекционных образцов ярового овса на содержание и качество жира важно для определения перспектив создания новых сортов овса для диетического использования (Abugaliev et al., 2011a).

Наиболее перспективными качественными показателями зерна, кроме традиционных – содержания белка

и крахмала, является содержание масла и в последнее время – β -глюканов (Loskutov, Polonskiy, 2017). Пищевая клетчатка, важная составляющая зерновки, содержит длинномолекулярные углеводы, лигнин и другие растительные вещества, в том числе β -глюканы (Abugaliev et al., 2011b). К клетчатке относят все неусвояемые олиго- и полисахариды, то есть не только растительного происхождения. Клетчатка может быть растворимой и нерастворимой. Однако такая классификация не совсем точна, так как, в частности, на растворимость клетчатки влияет ее молекулярный вес и способность абсорбироваться с другими растительными веществами (Abugaliev, Savin, 2013).

Новейшие исследования были сосредоточены на выяснении роли модификаций крахмала. Установлена важность структурных особенностей растительных и зерновых продуктов, содержащих крахмал. Продукты с высоким содержанием клетчатки (свыше 5%) и цельнозерновые продукты (макаронные изделия, ржаной хлеб, бобовые) с низким гликемическим индексом помогают сбалансировать уровень сахара в крови и способствуют снижению гликемического индекса (Gi). Продукты с низким Gi по сравнению с продуктами с высоким Gi, как правило, характеризуются меньшим удельным содержанием усваиваемых углеводов и повышенным удельным содержанием воды и пищевой клетчатки и поэтому обладают меньшей удельной калорийностью. Известно, что продукты из цельного зерна полезны как здоровая пища. Зерновые являются важным источником клетчатки. Роль клетчатки в понижении калорийности пищи и в снижении веса зависит от доли продуктов с высоким содержанием клетчатки в рационе человека.

Сорта 'Арман', 'Жорга' выделены как перспективные по качеству крахмала для переработки, а сорта 'Битик', 'Никола', 'Скакун' и 'Аламан' – как наиболее ценные по перевариваемости для диетического использования (Abugaliev, 2012).

Характерной особенностью зерна овса является высокое содержание масла (3–11%) – в 2–3 раза больше, чем у других зерновых (Abugaliev et al., 2012a). Овес является уникальным видом среди зерновых, поскольку более 50% общего жира отлагается в крахмалистом эндосперме, а не в зародыше развивающейся зерновки (Peterson, 2004). Овсяные масла более стойки к окислению, что связано с низким содержанием линолевой кислоты. В масле овса выделено десять высокомолекулярных карбоновых кислот, две из которых (линолевая и линоленовая) являются незаменимыми для человека и животных. Суммарное количество линолевой, олеиновой и пальмитиновой кислот достигает 90–95%, стеариновой и линоленовой – по 1–4%, что указывает на высокие пищевые качества масла (Batalova, 2009). Кроме того, содержание олеиновой кислоты может достигать уровня (более 40%) подсолнечного масла. Культурный овес обладает хорошо сбалансированным относительно других зерновых культур жирнокислотным составом. Триглицериды овсяного масла представлены двумя типами: мононенасыщенные + диненасыщенные (до 42,5%) и триненасыщенные (до 55,9%). Масло овса по количественным показателям жирных кислот имеет высокие пищевые достоинства: в его составе преобладает незаменимая линолевая кислота, а на долю линоленовой кислоты, также незаменимой, но быстро окисляющейся, приходится низкий процент от суммы всех кислот (Loskutov, 2007).

В США под руководством профессора К. J. Frey, всемирно признанного специалиста в области селекции

овса, в начале 1990-х годов с помощью рекуррентной селекции были получены линии на основе дикорастущих видов овса с содержанием масла до 16% (Freu, 1991). В Швеции в конце 1990-х годов селекционной компанией Svalöf Weibull был зарегистрирован первый сорт масличного овса 'Matilda' (масличность на уровне 10%).

В состав масла овса входят так называемые незаменимые для человека жирные кислоты: линолевая, линоленовая и арахидоновая. Эти кислоты условно объединены в группу под названием «витамин F». Овес является одним из источников поступления в организм этих биологически активных веществ. Важным показателем пищевой ценности овса является содержание в нем линоленовой кислоты, относящейся к полиненасыщенным омега-3 жирным кислотам (Loskutov, 2007). Потребность иметь продукты, максимально обогащенные биологически активными веществами, положительно воздействующими на здоровье человека, и растущее в связи с этим потребление овса в пищу обуславливают актуальность исследований биохимического состава зерна овса для поиска источников повышенного пищевого и кормового качества (Polonskiy et al, 2020).

Положительную существенную связь с уровнем плодородности и геномным составом образцов имело содержание мистидиновой, стеариновой и олеиновой кислот и отрицательную с содержанием полиненасыщенных линолевой, линоленовой и насыщенной арахидиновой кислотой. В большинстве случаев было показано, что при увеличении содержания насыщенных (пальмитиновой и стеариновой) и мононенасыщенных (олеиновой) жирных кислот в масле овса будет происходить уменьшение содержания полиненасыщенных кислот, которые легко подвергаются окислению при хранении зерна (Freu, 1991), что имеет подтверждение на казахстанском материале (между олеиновой и линоленовой кислотами $r = -0,55$).

Все сказанное выше показывает, что голозерные сорта овса, при их невысокой адаптивности, обладают достоверно высокими качественными показателями зерновки, которые могут быть использованы при получении высококачественных диетических продуктов питания и кормов для сельскохозяйственных животных.

Цель данного исследования – комплексно изучить образцы голозерного овса из коллекции ВИР в условиях Казахстана и выделить источники биохимических признаков зерновки с высоким уровнем урожайности для использования в селекции голозерного овса.

Материалы и методы

Материалом исследования послужили 35 образцов голозерного овса (*Avena sativa* subsp. *nudisativa* (Husnot.) Rod. et Sold.) из мировой коллекции Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР), которые были подобраны для условий Казахстана по вегетационному периоду, засухоустойчивости и зерновой продуктивности. Изучение проводили в 2015–2017 гг. на полях Казахского НИИ земледелия и растениеводства (КИЗ, г. Алматы) и Карабалыкской сельскохозяйственной опытной станции (г. Костанай).

Методы исследований. Качество зерна голозерного овса оценивали по комплексу биохимических характеристик (Savin et al., 1998) различными методами: содержание белка и фракций – методом Кьельдаля (ГОСТ 10846-91); содержание крахмала и амилозы – поляриметрическим методом; зольность – согласно ГОСТ 10847-74; содержание масла – на аппарате Сокслета согласно ГОСТ 10857-91; содержание жирных кислот – методом газовой хроматографии на хроматографе фирмы Agilent (США); содержание β-глюканов определяли спектрофлуориметрическим методом Ph. Williams.

Результаты

Содержание белка и белковых фракций в зерне голозерного овса

В 2015–2017 гг. было проведено изучение коллекции голозерного овса на содержание белка в зерне образцов, выращенных в условиях юго-востока (г. Алматы) и севера (г. Костанай) Казахстана. Данный набор характеризовался изменчивостью во все годы изучения по содержанию протеина – от 10,9% у к-14810 ('Salomon', Германия) до 21,1% у к-14533 (Местный, Китай) и к-14941 (Местный, Румыния) (табл. 1).

Таблица 1. Содержание белка в зерне образцов голозерного овса коллекции ВИР в условиях юго-востока и севера Казахстана в 2015–2017 гг.

Table 1. Protein content in the grain of naked oat accessions from the VIR collection, tested in the southeast and north of Kazakhstan in 2015–2017

№ по каталогу ВИР	Название	Происхождение	Содержание белка в зерне, %				
			юго-восток			север	
			2015 г.	2016 г.	2017 г.	2016 г.	2017 г.
14228	Бег	Беларусь	15,7±0,2	16,0±0,3	15,9±0,6	15,3±0,4	11,9±0,5
14345	Pennline 9010	США	17,9±0,2	18,2±0,2	17,3±0,3	16,9±0,3	18,1±0,2
14440	РА 8098-9033	США	18,3±0,3	17,9±0,2	17,3±0,3	17,0±0,2	13,5±0,3
14498	Купон	Великобритания	17,9±0,4	19,2±0,2	–	–	–
14530	ОА 504-6	Канада	16,1±0,3	14,3±0,4	14,4±0,6	13,9±0,5	16,4±0,4
14531	ОА 504-5	Канада	14,9±0,4	16,6±0,3	14,7±0,4	16,6±0,4	16,1±0,2

Таблица 1. Продолжение
Table 1. The end

№ по каталогу ВИР	Название	Происхождение	Содержание белка в зерне, %				
			юго-восток			север	
			2015 г.	2016 г.	2017 г.	2016 г.	2017 г.
14533	Местный	Китай	17,4±0,5	21,1±0,2	18,2±0,3	16,2±0,4	13,7±0,3
14537	James	США	19,0±0,2	20,7±0,2	19,3±0,2	19,8±0,2	19,1±0,2
14550	87 АВ 5932	США	16,0±0,5	17,4±0,4	15,7±0,6	16,0±0,3	13,7±0,4
14594	Местный	Монголия	18,0±0,2	19,2±0,2	18,6±0,4	18,0±0,2	15,8±0,3
14595	Местный	Монголия	18,8±0,2	16,7±0,3	16,2±0,6	17,9±0,3	16,7±0,5
14602	Krypton	Великобритания	16,2±0,4	16,2±0,3	18,2±0,3	-	-
14605	Ripon	Великобритания	15,3±0,5	13,8±0,4	12,7±0,6	14,3±0,4	12,9±0,5
14610	AC Belmont	Канада	17,9±0,2	17,1±0,2	17,6±0,3	16,7±0,3	13,7±0,4
14616	Hull-less	Китай	18,8±0,3	19,2±0,2	18,4±0,4	17,3±0,2	13,2±0,3
14627	Anderes-1	Перу	14,7±0,4	20,1±0,2	18,3±0,4	17,6±0,2	14,5±0,2
14650	Mozart	Германия	15,6±0,2	16,0±0,4	16,4±0,5	15,8±0,4	15,2±0,4
14683	Bullion	Великобритания	18,2±0,2	16,4±0,3	15,2±0,6	15,9±0,4	14,6±0,5
14717	Пушкинский	РФ, Ленинградская обл.	17,4±0,3	16,8±0,3	15,8±0,5	16,2±0,3	13,7±0,3
14720	Витус	Беларусь	18,2±0,2	17,1±0,3	16,4±0,3	15,0±0,5	14,5±0,3
14763	Hja 72095 N	Финляндия	18,1±0,2	19,1±0,2	18,1±0,3	17,4±0,3	13,9±0,3
14784	Тюменский голозерный	РФ, Тюменская обл.	16,0±0,5	16,8±0,3	16,3±0,4	15,7±0,5	14,8±0,4
14791	Akt	Польша	15,1±0,5	16,2±0,4	15,7±0,6	13,4±0,5	11,9±0,5
14803	AC Baton	Канада	17,1±0,2	-	-	-	-
14808	Salvius	Германия	17,4±0,4	16,2±0,4	15,2±0,6	15,2±0,4	11,3±0,4
14809	Sallust	Германия	15,0±0,5	16,2±0,4	15,7±0,4	16,2±0,3	13,5±0,4
14810	Salomon	Германия	17,3±0,2	17,5±0,3	16,0±0,5	14,6±0,5	10,9±0,5
14832	Lisbeth	Финляндия	18,9±0,2	18,4±0,2	18,1±0,3	15,7±0,4	12,4±0,5
14851	Numbat	Австралия	19,2±0,2	18,9±0,2	18,9±0,3	14,2±0,5	14,6±0,3
14935	Izak	Чехия	16,3±0,4	15,9±0,4	15,8±0,5	14,8±0,5	13,5±0,4
14941	Местный	Румыния	20,0±0,2	16,8±0,3	15,9±0,5	17,7±0,3	18,6±0,2
14960	Вятский голозерный	РФ, Кировская обл.	16,2±0,3	16,8±0,3	16,4±0,4	16,3±0,4	14,7±0,3
14994	Yung 492	Китай	-	-	13,4±0,3	17,0±0,4	13,6±0,4
15014	Левша	РФ, Кемеровская обл.	15,0±0,3	17,4±0,2	18,1±0,3	17,1±0,3	15,2±0,3
Минимальное значение			14,7±0,2	13,8±0,4	12,7±0,6	13,4±0,5	10,9±0,5
Максимальное значение			20,0±0,2	20,7±0,2	19,3±0,3	19,8±0,3	19,1±0,2
Среднее значение			17,8±0,4	17,4±0,3	16,6±0,4	16,2±0,4	14,4±0,4

Изучение в условиях юго-востока Казахстана показало более высокие средние показатели содержания белка в зерне по сравнению с условиями севера. Среди высокобелковых был выделен образец к-14537 ('James', США) с максимальным содержанием белка во всех пунктах и во все годы изучения (19,0–20,7%). В условиях юго-востока Казахстана высоким содержанием протеина обладали образцы: к-14594 (Местный, Монголия) (18,6–19,2%); к-14616 ('Hull-less', Китай) (18,4–19,2%); к-14763 ('Hja 72055 N', Финляндия) (18,1–19,1%); к-14832 ('Lisbeth', Финляндия) (18,1–18,9%) и к-14851 ('Numbat', Австралия) (18,9–19,2%).

Наименьшим содержанием белка во все годы изучения отличались к-14605 ('Ripon', Великобритания) (12,9–15,3%) и к-14530 (ОА 504-6, Канада) (13,9–16,4%). В условиях юго-востока низкобелковыми были к-14531 (ОА 504-5, Канада) (14,7–16,6%), а в условиях севера – к-14791 ('Akt', Польша) (11,9–13,4%); к-14935 ('Izak', Чехия) (13,5–14,8%); к-14810 ('Salomon', Германия) (10,9–14,6%) и к-14851 ('Numbat', Австралия).

Содержание белка в условиях юго-востока в 2015 г. варьировало в пределах от 14,7% (к-14627, 'Anderes-1', Перу) до 20,0% (к-14941, Местный, Румыния). Наиболее продуктивные формы характеризовались относительно высоким содержанием белка: к-14935 ('Izak', Чехия) (16,3–15,8%); к-14650 ('Mozart', Германия) (15,6–16,4%); к-15014 ('Левша', Кемеровская обл.) (15,0–18,1%); к-14683 ('Bullion', Великобритания) (15,2–18,2%); к-14720 ('Витус', Беларусь) (16,1–18,2%); к-14550 (87 АВ 5932, США) (16,0–17,4%). Образцы к-14851 ('Numbat', Австралия), к-14440 (РА 8098-9033, США), к-14594 и к-14595 (Местный, Монголия) отмечены как высокопротеиновые в условиях юго-востока, а в условиях севера высоким содержанием белка отличались: к-14345 ('Pennline 9010', США) (16,9–18,1%); к-14595 (Местный, Монголия) (16,7–17,9%) и к-14941 (Местный, Румыния) (17,7–18,6%).

В условиях юго-востока средним повышенным содержанием белка (> 18,0%) в зерновке отличались генотипы: к-14498 ('Купон', Великобритания); к-14763 ('Hja 72095N', Финляндия); к-14832 ('Lisbeth', Финляндия); к-14537 ('James', США); к-14533 (Местный, Китай); к-14616 ('Hull-less', Китай); к-14594 (Местный, Монголия) и к-14851 ('Numbat', Австралия).

Таким образом, по содержанию белка образцы голозерного овса разделились на группы:

1) с высоким содержанием белка в условиях юго-востока и севера Казахстана: к-14345, 'Pennline 9010' (16,9–21,0%); к-14440, РА 8098-9033 (13,5–18,3%); к-14537, 'James' (16,7–20,7%); к-14941, Местный (Румыния) (16,8–20,0%).

2) с высоким содержанием белка только в условиях юго-востока Казахстана: к-14810, 'Salomon' (16,3–17,5%); к-14832, 'Lisbeth' (16,3–18,9%); к-14610, 'AC Belmont' (17,1–17,9%).

Низким содержанием белка во все годы изучения в условиях юго-востока характеризовался образец к-14605 ('Ripon', Великобритания).

Стабильно высокое содержание белка:

– во все годы и во всех пунктах изучения имели генотипы: к-14537 ('James', США) и к-14594 (Местный, Монголия);

– в условиях юго-востока Казахстана: к-14851 ('Numbat', Австралия);

– в условиях севера Казахстана: к-14941 (Местный, Румыния).

В условиях юго-востока Казахстана по максимальной зерновой продуктивности были выделены следующие образцы: 'Izak' > 'Mozart' > 'Ripon' > 87 АВ 5932 > 'Левша' > 'Billion' = 'Витус', а в условиях севера сорта варьировали по урожайности в ряду: 'Тюменский голозерный' > 'Anderes-1' > 'Левша'.

По урожайности в условиях юго-востока Казахстана стабильно максимальным значением выделялись образцы: к-14650 ('Mozart'); к-14610 ('AC Belmont'); к-14683 ('Bullion'); к-14784 ('Тюменский голозерный'); к-14791 ('Akt'); к-14808 ('Salvius'); к-14810 ('Salomon'); к-14832 ('Lisbeth'); к-14851 ('Numbat'); к-14935 ('Izak'); к-14941 (Местный, Румыния). В условиях севера Казахстана высокой зерновой продуктивностью отличались: к-15014 ('Левша'); к-14530 (ОА 504-6); к-14605 ('Ripon'); к-14550 (87 АВ 5932); к-14935 ('Izak'); к-14808 ('Salvius'); к-14810 ('Salomon'); к-14228 ('Бег'). В обоих условиях изучения выделялись к-14808 ('Salvius', Германия) (38,2–61,8 ц/га) и к-14935 ('Izak', Чехия) (39,6–39,8 ц/га).

Ценность генотипов определяется сбором белка с площади; она варьировала в условиях юго-востока Казахстана от 6,7 ц/га у к-14994 ('Yung 492', Китай) до 81,8 ц/га у к-14810 ('Salomon', Германия) при среднем показателе в 50,0 ц/га и в условиях севера Казахстана от 2,8 ц/га у к-14941 (Местный, Румыния) до 90,9 ц/га у к-14808 ('Salvius', Германия) при среднем значении 59,1 ц/га. Близкими к максимальному уровню сбора белка с площади в условиях юго-востока были выделенные генотипы: к-14650 ('Mozart', Германия) (73,5 ц/га); к-14941 (Местный, Румыния) (73,1 ц/га); к-14851 ('Numbat', Австралия) (69,0 ц/га) и к-14610 ('AC Belmont', Канада) (68,6 ц/га). В условиях севера Казахстана сбор белка с гектара был выше в среднем на 9 ц/га у всех выделенных генотипов: к-14550 (87 АВ 5932, США) (82,3 ц/га); к-14440 (РА 8098-9033, США) (82,1 ц/га); к-14530 (ОА 504-6, Канада) (80,5 ц/га) и к-15014 ('Левша', Кемеровская обл.) (79,1 ц/га).

Кроме содержания общего протеина в зерновках голозерного овса были проанализированы отдельные фракции белка. Так, преобладающая фракция глобулинового белка была характерна как для низкопротеиновых форм (от 10,4% до 12,6%): к-14533 (Местный, Китай); к-14594 (Местный, Монголия); к-14720 ('Витус'); к-14935 ('Izak'), так и для относительно высокопротеиновых: к-14809 ('Sallust'); к-14810 ('Salomon'); к-14832 ('Lisbeth') (15,8–16,3%). К низкоглобулиновым во всех условиях изучения относится генотип к-14440 (РА 8098-9033, США) (34,4–39,1%). В условиях севера Казахстана как относительно низкоглобулиновый выделился генотип к-14610 ('AC Belmont', Канада) (38,2–26,1%). Стабильный уровень глобулина отмечен для генотипа к-14537 ('James', США) во всех условиях изучения (39,4–40,1%). К этой же группе можно отнести и образцы к-14809 ('Sallust'); к-14935 ('Izak'); к-14784 ('Тюменский голозерный'); к-14791 ('Akt').

Следующая преобладающая фракция в зерне голозерного овса – глютелиновая – варьировала по содержанию к суммарному белку от 21,9% (к-14228, 'Бег') в условиях юго-востока до 38,7% (к-14440, РА 8098-9033) в условиях севера Казахстана.

В условиях юго-востока наблюдалось преобладание содержания глобулина над глютелином для всего набора изучения, а в северных – преобладание содержания глютелина над глобулином для генотипа к-14610 ('AC Belmont', Канада) (33,7% и 26,1% соответственно) и равно-

весный баланс содержания этих фракций для образца к-14440 (РА 8098-9033, США) (38,7 и 38,8%).

Максимальная степень выраженности содержания глютелина отмечена как стабильная для изученных генотипов: к-15014 ('Левша', Кемеровская обл.); к-14440 (РА 8098-9033, США) и к-14763 ('Нја 72095 N', Финляндия).

Высокий уровень содержания глютелина характерен для к-14941 (Местный, Румыния) в условиях юго-востока и севера Казахстана, а для образцов к-14550 (87 АВ 5932, США) и к-14717 ('Пушкинский', РФ) – только для условий севера. Образцы к-14851 ('Numbat', Австралия) и к-14533 (Местный, Китай) реагировали на условия севера и юго-востока Казахстана повышением содержания глютелина в белке (табл. 2).

Основная часть набора изучения характеризовалась средним значением содержания авенина в пределах 12,2–13,4% во всех условиях изучения. Близкие к максимальным значениям по содержанию авенина имели образцы на уровне $\geq 14,0\%$ – к-14602 ('Krypton'); к-14627 ('Anderes-1'); к-14941 (Местный, Румыния). Стабильно пониженное содержание авенина было характерно для следующих образцов: к-14440 (РА 8098-9033, США) (10,5–12,6%); к-14530 (ОА 504-6, Канада) (11,1–12,6%); к-14784 ('Тюменский голозерный') (11,6–13,0%); к-14595 (Местный, Монголия) (11,4–12,4%).

Канадский образец к-14530 (ОА 504-6) отреагировал на условия выращивания снижением содержания авениновой фракции белка до 11,1–12,6% на юго-востоке и на севере Казахстана. Для генотипов к-14941 (Местный, Ру-

Таблица 2. Характеристика образцов голозерного овса образцов коллекции ВИР по содержанию глобулина, глютелина и авенина в белке в зависимости от условий выращивания в 2016 г., % к суммарному

Table 2. Characterization of naked oat accessions from the VIR collection according to the content of globulin, glutelin and avenin in protein, depending on the growing conditions in 2016, % of the total

№ по каталогу ВИР	Содержание глобулина, %		Содержание глютелина, %		Содержание авенина, %	
	юго-восток	север	юго-восток	север	юго-восток	север
14228	41,7±0,7	42,2±0,5	20,8±0,5	26,9±1,0	13,4±0,8	12,1±0,2
14345	40,2±0,9	41,9±0,6	23,5±0,9	28,1±0,5	14,0±0,3	12,2±0,6
14440	39,1±0,8	38,8±0,7	28,1±0,9	38,7±0,4	12,6±0,8	10,5±0,7
14498	40,1±0,7	–	24,2±0,8	–	12,8±0,8	–
14530	41,5±0,9	42,7±0,7	22,7±0,5	28,2±0,4	12,6±0,7	11,1±0,7
14531	40,2±0,7	41,1±0,7	24,2±0,6	29,7±0,5	13,5±0,5	12,3±0,6
14533	39,7±1,0	40,6±0,6	24,1±0,9	32,4±0,6	13,0±0,4	11,4±0,5
14537	39,6±1,0	39,4±0,5	24,0±0,9	30,6±0,5	13,9±0,3	13,3±0,2
14550	40,8±0,7	40,7±0,5	22,8±0,5	31,4±0,4	13,3±0,4	11,9±0,6
14594	41,1±0,8	40,4±0,5	26,9±0,6	32,0±0,6	13,7±0,5	12,7±0,7
14595	43,2±0,9	42,0±0,8	34,4±0,5	28,5±0,4	11,4±0,6	12,4±0,6
14602	42,0±0,7	–	31,8±0,7	–	14,3±0,3	–
14605	41,5±0,7	42,1±0,6	22,4±0,5	29,9±1,0	13,4±0,4	11,8±0,7
14610	40,8±0,7	26,1±0,5	23,4±0,9	33,7±0,8	13,2±0,4	13,2±0,3
14616	40,4±0,8	39,8±0,4	22,8±0,8	31,0±0,9	13,9±0,3	13,2±0,3
14627	39,4±1,0	40,5±0,7	29,8±0,6	29,1±0,8	14,4±0,3	13,3±0,2
14650	41,3±0,9	42,2±0,8	23,3±0,7	28,6±0,7	12,9±0,8	11,9±0,6
14683	40,4±0,7	41,9±0,6	23,2±0,9	28,9±0,6	14,2±0,3	12,4±0,6
14717	40,7±0,8	41,2±0,8	24,3±0,6	31,2±0,5	13,4±0,4	12,0±0,6
14720	40,3±0,7	40,9±0,7	23,9±0,9	30,3±0,8	13,8±0,4	12,1±0,6
14763	39,8±1,0	40,8±0,7	34,8±0,9	30,8±0,4	13,8±0,4	12,5±0,6
14784	40,6±0,8	42,2±0,9	30,5±0,5	29,5±0,7	13,0±0,4	11,6±0,4
14791	41,6±0,9	43,4±1,0	22,1±0,6	28,4±0,9	13,1±0,4	11,3±0,4

Таблица 2. Продолжение
Table 2. The end

№ по каталогу ВИР	Содержание глобулина, %		Содержание глютелина, %		Содержание авенина, %	
	юго-восток	север	юго-восток	север	юго-восток	север
14808	-	42,0±0,8	-	30,8±0,7	-	11,9±0,6
14809	41,6±0,9	41,5±0,7	22,8±0,8	29,1±0,9	13,2±0,4	12,2±0,7
14810	40,3±0,8	43,2±0,9	25,6±0,6	29,3±0,8	13,1±0,5	12,1±0,7
14832	39,5±1,0	41,2±0,8	25,3±0,5	30,7±0,7	13,4±0,4	12,3±0,6
14851	39,5±1,0	39,7±0,6	29,2±0,7	32,6±0,6	13,8±0,4	12,6±0,5
14935	41,3±0,7	41,3±0,7	23,9±0,6	29,9±0,8	13,1±0,4	12,4±0,5
14941	40,8±0,8	40,8±0,7	23,1±0,8	29,9±0,7	14,5±0,3	13,1±0,3
14960	40,9±0,8	42,0±0,8	23,8±0,5	28,7±0,5	13,8±0,5	12,5±0,6
14994	-	41,3±0,8	-	28,6±0,5	-	13,0±0,4
15014	40,4±0,7	40,0±0,7	25,6±0,8	32,2±0,8	13,2±0,6	12,3±0,5
min	39,1±1,0	26,1±0,5	20,8±0,9	26,9±1,0	11,4±0,4	10,5±0,7
max	43,2±0,9	43,4±1,0	34,8±0,5	38,7±0,4	14,5±0,3	13,3±0,4
Среднее	40,7±0,7	40,8±0,8	25,4±0,6	30,3±0,7	13,4±0,4	12,2±0,6

мыния) (13,1–15,1%) и к-15014 ('Левша', Кемеровская обл.) (12,3–16,4%) стабильно выявлено максимальное значение авенина, которое снижалось в условиях более засушливого региона.

Установлено, что содержание протеина отрицательно коррелировало с содержанием глютелина ($r = -0,66$), с содержанием глобулина и остаточного неэкстрагируемого белка ($r = -0,80$) в условиях юго-востока и положительно – с содержанием авенина ($r = +0,63$) в условиях севера Казахстана. Кроме того, отмечена отрицательная корреляция между содержанием глобулина и глютелина ($r = -0,77$)

Содержание крахмала в зерне голозерного овса

Содержание крахмала у изученных образцов колебалось от 54,7% ('Pennline 9010', США) до 60,1%. (Местный, Монголия) и 'James' (США). Максимальным содержанием крахмала выделялись образцы к-14616 ('Hull-less'), к-14228 ('Ber') и к-14595 (Местный, Монголия) в условиях двух пунктов изучения (табл. 3). В условиях юго-востока Казахстана стабильно по годам максимум содержания крахмала формировали генотипы к-14531 (ОА 504-5); к-14627 ('Anderes-1') и к-14594 (Местный, Монголия), а в отдельные годы – к-14345 ('Pennline 9010'); к-14650

Таблица 3. Характеристика образцов голозерного овса по содержанию крахмала и амилозы в зерновке в зависимости от условий выращивания в 2015–2017 гг.

Table 3. Characterization of naked oat accessions according to the content of starch and amylose in kernels, depending on the growing conditions in 2015–2017

Место и год изучения	min, %	max, %	Среднее, %	Образцы с min значением	Образцы с max значением
Содержание крахмала в зерне, %					
юго-восток, 2015 г.	54,7	60,1	57,1	к-14594, к-14537 к-14960, к-14994	к-14345, к-14650 к-14530, к-14935, к-14345, к-14650
юго-восток, 2016 г.	54,7	59,6	57,8	к-14440, к-14627	к-14228, к-14616, к-14531
север, 2016 г.	53,3	62,1	58,7	к-14440, к-14808	к-14994, к-14960, к-14616, к-14683, к-14595, к-14228
север, 2017 г.	53,3	59,0	57,0	к-14994	к-14228, к-14610

Таблица 3. Продолжение
Table 3. The end

Место и год изучения	min, %	max, %	Среднее, %	Образцы с min значением	Образцы с max значением
Содержание амилозы в зерне, %					
юго-восток, 2015 г.	6,7	16,3	13,1	к-14960, к-14994	к-14595, к-14650, к-14610, к-14616, к-14627
юго-восток, 2016 г.	4,4	13,3	10,2	к-14791, к-14530, к-14440, к-14533, к-14809	к-14228, к-14616
юго-восток, 2017 г.	8,4	14,6	11,9	к-14994	к-14228, к-14345, к-14720, к-14791
север, 2016 г.	10,4	14,0	12,1	к-14808, к-14784	к-14228, к-14935, к-14960
север, 2017 г.	8,9	14,4	11,2	к-14440, к-14228, к-14808	к-14683, к-14791, к-14960, к-14595

('Mozart'); к-14530 (87 АВ 5932) и к-14935 ('Izak'), а в условиях севера в отдельные годы изучения – к-14228 ('Бер'); к-14994 ('Yung 492'); к-14960 ('Вятский голозерный'); к-14683 ('Bullion').

Качество крахмала определяется соотношением в нем содержания амилозы и амилопектина. В результате изучения были выделены сорта овса с максимальным содержанием амилозы в зерне и с повышенным содержанием крахмала:

- 1) к-14616 ('Hull-less', Китай) (15,9% амилозы и 59,8% крахмала) – юго-восток, 2016, 2015 г.;
- 2) к-14627 ('Anderes-1', Перу) (9,6% амилозы и 58,8% крахмала) – юго-восток, 2015 г.;
- 3) к-14650 ('Mozart', Германия) (16,3% амилозы и 59,6% крахмала) – юго-восток, 2015 г.;
- 4) к-14228 ('Бер', Беларусь) (13,3% амилозы и 59,6% крахмала) – юго-восток, 2016 г.; север, 2017 г.;
- 5) к-14791 ('Akt', Польша) (14,5 амилозы и 58,0% крахмала) – юго-восток, 2017 г.;
- 6) к-14960 ('Вятский голозерный', РФ) (14,0% амилозы и 61,9% крахмала) – север, 2016 г.

Стабильно максимальное содержание амилозы в крахмале формируется в условиях юго-востока Казахстана у образцов к-14616 ('Hull-less') и к-14627 ('Anderes-1'), а к-14960 ('Вятский голозерный') – в условиях севера.

Содержание β-глюканов в зерне голозерного овса

Содержание β-глюканов в изученном голозерном овсе колебалось от 5,2% (Местный, Румыния) до 6,4% (РА 8098-9033, США). Ранжирование пленчатых сортов, генетических ресурсов и селекционных материалов выявило формы с высоким содержанием β-глюканов (более чем 5,0%) для следующих сортов: 'Аламан', 'Никола', 'Пегас', 'Иртыш 15', к-14638, к-11247, к-13587, к-13544, к-14836 (Abugalieva, Savin, 2013).

В условиях двух пунктов изучения по содержанию β-глюканов выделяется стабильно максимальным значением образец голозерного овса к-14440 (РА 8098-9033) (6,4–6,9%), а в юго-восточных условиях Казахстана выделились: к-14595 (Местный, Монголия) (6,0–

6,1%); к-14627 ('Anderes-1') (6,1–6,6%); к-14851 ('Numbat') (6,0–6,6%). В северных условиях общий фон β-глюканов был выше (Biel et al., 2009), чем на юге, и доходил до 6,9% за счет генотипов к-14440 (РА 8098-9033); к-14537 ('James'); к-15014 ('Левша') и к-14550 (87 АВ 5932) (последний снижает количество β-глюканов до 5,3% минимально при повышении урожайности). К относительно низкоглюкановым относится образец к-14228 ('Бер') (в условиях юго-востока и севера) и образцы к-14594 (Местный, Монголия) (4,1%); к-14941 (Местный, Румыния) (5,2%) и к-14605 ('Ripon', Великобритания) (5,4%) в условиях юга-востока Казахстана (табл. 4).

Содержание масла и жирнокислотный состав в зерне голозерного овса

Содержание жира в наборе образцов голозерного овса коллекции ВИР варьировало в диапазоне от 6,0% (к-14960, 'Вятский голозерный') до 9,8% (к-14440, РА 8098-9033, США). Среди изученных образцов стабильно высокое содержание жира в зерне было характерно для образца к-14440 (РА 8098-9033, США) во все годы и во всех регионах изучения. В условиях юго-востока Казахстана высокое содержание жира в зерне было характерно для сорта к-14498 ('Купон', Великобритания). Кроме того, повышенное содержание жира было отмечено у образцов к-14602 ('Круpton'), к-14533 (Местный, Китай), к-14784 ('Тюменский голозерный'), в том числе и у образцов, формирующих высокий урожай зерна: к-14595 (Местный, Монголия) и к-14763 ('Hja 72095 N', Финляндия) (табл. 5).

Качество масла определяется по содержанию мононенасыщенных жирных кислот, таких как олеиновая кислота, которая позволяет жиру храниться дольше. В изученных образцах колебания содержания олеиновой кислоты в масле было от 26,1% ('James', США) до 55,8% ('Левша', Кемеровская обл.). Более 40,0% олеиновой кислоты было характерно для образцов из Монголии (к-14594 – 40,7%) и Канады ('AC Baton' – 45,9%).

Значение биологической активности жира определяется соотношением линолевой кислоты к олеиновой, которое должно приближаться к единице (табл. 6).

Таблица 4. Характеристика образцов голозерного овса по содержанию β -глюканов в зерновке в зависимости от условий выращивания в 2015–2016 гг.**Table 4.** Characterization of naked oat accessions according to the content of β -glucans in kernels, depending on the growing conditions in 2015–2016

Место и год изучения	Содержание β -глюканов в зерновке, %				
	min, %	max, %	Среднее, %	Образцы с min значением	Образцы с max значением
юго-восток, 2015 г.	5,2	6,4	5,9	к-14941, к-14228	к-14440, к-14593
юго-восток, 2016 г.	5,4	6,6	6,0	к-14605	к-14440, к-14851, к-14498, к-14627
север, 2016 г.	5,8	6,9	6,2	к-14228	к-14440, к-14537, к-5014, к-14550

Таблица 5. Характеристика образцов голозерного овса по содержанию масла в зерновке в зависимости от условий выращивания в 2015–2016 гг.**Table 5.** Characterization of naked oat accessions according to the fat content in kernels, depending on growing conditions in 2015–2016

Место и год изучения	Содержание β -глюканов в зерновке, %				
	min, %	max, %	Среднее, %	Образцы с min значением	Образцы с max значением
юго-восток, 2015 г.	6,0	9,0	7,4	к-14960, к-14537, к-14345, к-14616; к-14941	к-14440, к-14498
юго-восток, 2016 г.	6,8	9,6	7,9	к-14941, к-14616, к-14228	к-14440, к-14602, к-4498, к-14533
север, 2016 г.	7,0	9,8	8,0	к-14994, к-14627	к-14440

Таблица 6. Характеристика состава жирных кислот у образцов голозерного овса, 2015–2016 гг.**Table 6.** Characterization of the fatty acid composition in the studied naked oat accessions, 2015–2016

Жирные кислоты	min, %	max, %	Среднее, %	Образцы со значением	
				min	max
Пальмитиновая	17,0	38,1	24,1	к-14594, к-14627, к-14595	к-14530 (ОА 504-6, Canada), к-14228 (Бег, Беларусь), к-14803 (AC Baton, Canada)
Олеиновая	26,1	55,8	36,9	к-14537, к-14935	к-15014 (Левша, Россия), к-14803 (AC Baton, Canada)
Линолевая	20,5	48,8 46,1 44,6 43,7 42,5	36,2	к-14803, к-15014, к-14530	к-14935 (Izak), к-14994 (Yung 492, Китай), к-14537 (James, США), к-14941 (Местный, Румыния), к-14960 (Вятский голозерный)
Линолевая/ олеиновая	0,4	1,7	1,0	к-15014, к-14537, к-14935	к-14498, к-14595, к-14602
Ненасыщенные / насыщенные	1,4	4,2	3,0	к-14228, к-14530	к-14594, к-14935

У изученных образцов соотношение линолевой/олеиновой кислоты варьировалось от 0,4 ('AC Baton', Канада) и 0,6 ('Левша', РФ) до 1,5–1,7 ('Izak', Чехия; 'James', США; 'Yung 492', Китай). Количество ненасыщенных жирных кислот у образцов голозерного овса колебалось от 58,9% ('Бег' Беларусь) до 79,7% (к-14594, Местный, Монголия). С повышенным содержанием линолевой кислоты были выделены следующие сорта: 'Izak', Чехия (48,7%); 'Yung 492', Китай (46,1%); 'James', США (44,6%); 'Salomon', Германия (44,1%); 'Вятский голозерный', РФ (42,5%); к-14941, Местный, Румыния (43,7%). Изучение образцов голозерного овса на содержание и качество жира важно для определения перспектив создания новых сортов овса для диетического использования (Peltonen-Sainio et al., 2004).

Стабильно низкое содержание жира было характерно для образцов: к-14616 ('Hull-less', Китай); к-14941 (Местный, Румыния); к-14994 ('Yung 492', Китай) (см. табл. 5).

Заключение

Изученный набор образцов коллекции голозерного овса ВИР был представлен образцами различного географического происхождения и уровня селекционной проработки. Изучение данного набора в условиях юго-востока Казахстана показало более высокие средние показатели содержания протеина в зерне по сравнению с условиями севера. По содержанию протеина в зерне были получены значения от 10,4% (к-14533, Местный, Китай) до 21,0% (к-14345, 'Pennline 9010', США). По исходным данным все изученные образцы разделились на три группы: низкобелковые (10,4–13,0%), среднебелковые (13,1–17,0%) и высокобелковые (17,1–21,0%).

Наиболее продуктивные формы характеризовались относительно высоким содержанием протеина: 'Izak' (16,8–14,4%); 'Mozart' (15,6–16,9%); 'Ripon' (11,2–15,3%); 'Левша' (15,2%); 'Billion' (17,9%); 'Витус' (16,2%); 87 АВ 5932 (16,0%). Наиболее высокий сбор белка с гектара был получен у образцов: к-14550 (87 АВ 5932, США) (82,3 ц/га); к-14440 (РА 8098-9033, США) (82,1 ц/га); к-14530 (ОА 504-6, Канада) (80,5 ц/га) и к-15014 ('Левша', Кемеровская обл.) (79,1 ц/га). В результате изучения выделены образцы с высоким и низким содержанием отдельных фракций белка (глобулина, глютелина и авенина).

У изученного набора образцов содержание крахмала варьировало от 54,7% ('Pennline 9010') до 60,1% (Местный, Монголия; 'James', США). Содержание амилозы варьировало от 4,4% (к-1453, ОА 504-6, Канада) до 16,3% (к-14595, Местный, Монголия; к-14650, 'Mozart', Германия). Стабильно максимальное содержание амилозы формировалось в условиях юго-востока Казахстана у образцов к-14616 ('Hull-less', Китай) и к-14627 ('Anderes-1', Перу), а также к-14960 ('Вятский голозерный', РФ) – в условиях севера.

У образцов голозерного овса содержание β-глюканов в зерне варьировало от 5,2% (Местный, Румыния) до 6,4% (РА 8098-9033, США; 'Купон', Великобритания). В условиях двух пунктов изучения по содержанию β-глюканов выделился стабильно максимальным значением образец к-14440 (РА 8098-9033) (6,4–6,9%). В юго-восточных условиях Казахстана выделились: к-14595 (Местный, Монголия) (6,0–6,1%); к-14627 ('Anderes-1') (6,1–6,6%); к-14851 ('Numbat') (6,0–6,6%).

Содержание жира в наборе голозерного овса варьировало от 6,0% ('Вятский голозерный', РФ) до 9,8% (РА 8098-9033, США). Сумма ненасыщенных жирных кислот в зерне голозерного овса составляла от 58,9% ('Бег', Беларусь) до 79,7% (к-14594, Местный, Монголия). По содержанию линолевой кислоты выделялись сорта 'Izak', Чехия (48,7%); 'Yung 492', Китай (46,1%); 'James', США (44,6%); 'Salomon', Германия (44,1%); 'Вятский голозерный', РФ (42,5%); к-14941, Румыния (43,7%).

У изученных образцов соотношение линолевой/олеиновой кислоты варьировалось от 0,4 ('AC Baton', Канада) и 0,6 ('Левша', РФ) до 1,5–1,7 ('Izak', Чехия; 'James', США; 'Yung 492', Китай), а высокое содержание олеиновой кислоты было характерно для образцов из Монголии (к-14594, Местный) (40,7%) и из Канады ('AC Baton') (45,9%).

В результате изучения для условий юго-восточных и северных регионов Казахстана выделены образцы голозерного овса с повышенными и стабильными показателями содержания протеина, крахмала, амилозы, жира, отдельных жирных кислот и β-глюканов. Весь выделенный материал будет использован в селекционных программах Республики Казахстан для создания высокоурожайных высококачественных голозерных сортов овса.

Статья подготовлена на основе образцов из коллекции ВИР в рамках государственного задания согласно тематическому плану ВИР по проекту № 0662-2019-0006 «Поиск, поддержание жизнеспособности и раскрытие потенциала наследственной изменчивости мировой коллекции зерновых и крупяных культур ВИР для развития оптимизированного генбанка и рационального использования в селекции и растениеводстве».

This publication was prepared using the accessions from the VIR collection within the framework of the State Task according to the theme plan of VIR, Project No. 0662-2019-0006 "Search for and viability maintenance, 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".

References / Литература

- Aalto-Kaarlehto T., Dengo K., Salovaara H. Oats for coeliacs? II. Fibre-concentrated oat bran in low-gluten baking. In: B. Mattisson, R. Lyhagen (eds). *3rd International Oat Conference, Lund, Sweden, July 4–8, 1988*. Svalöf, Sweden: Svalöf AB; 1988. p.88.
- Abugaliev A.I. Amylose content in the breeding of wheat, barley, oats and rice for grain quality. Current state and prospects for the development of genetics and breeding of grain crops in Kazakhstan (Soderzhaniye amilozy v selektsii pshenitsy, yachmenya, ovsa i risa na kachestvo zerna. Sovremennoye sostoyaniye i perspektivy razvitiya genetiki i selektsii zernovykh kultur v Kazakhstane). In: *Collection of scientific papers of the Institute of Plant Biology and Biotechnology, KN MES RK (Sbornik nauchnykh trudov Instituta biologii i biotekhnologii rasteniy KN MON RK)*. Almaty; 2012. p.44-51. [in Russian] (Абугалиева А.И. Содержание амилозы в селекции пшеницы, ячменя, овса и риса на качество зерна. Современное состоя-

- ние и перспективы развития генетики и селекции зерновых культур в Казахстане. В кн.: *Сборник научных трудов Института биологии и биотехнологии растений КН МОН РК*. Алматы; 2012. С.44-51).
- Abugalieva A.I. Biochemical composition of barley and oat grain in breeding. Catalogue (Biokhimicheskiy sostav zerna yachmenya i ovsa v selektsii. Katalog). Almaty; 2011b. [in Russian] (Абугалиева А.И. Биохимический состав зерна ячменя и овса в селекции. Каталог. Алматы; 2011b).
- Abugalieva A.I. The content of starch and amylose in the grain of oat varieties of Kazakhstan (Soderzhaniye krakhmala i amilozy v zerne sortov ovsa Kazakhstana). *Biotechnology. Theory and Practice*. 2011a;(2):25-31. [in Russian] (Абугалиева А.И. Содержание крахмала и амилозы в зерне сортов овса Казахстана. *Биотехнология. Теория и практика*. 2011a;(2):25-31).
- Abugalieva A.I., Azhgaliev T.B. Characteristics of the varietal gene pool of oats in Kazakhstan for the protein complex (Kharakteristika sortovogo genofonda ovsa Kazakhstana po belkovomu kompleksu). *Research, Results*. 2010a;2(046):182-186. [in Russian] (Абугалиева А.И., Ажгалиев Т.Б. Характеристика сортового генофонда овса Казахстана по белковому комплексу. *Исследования, результаты*. 2010a;2(046):182-186).
- Abugalieva A.I., Azhgaliev T.B. Testing the varietal gene pool of oats for distinctness, uniformity and stability (Testirovaniye sortovogo genofonda ovsa na otlichnost, odnorodnost i stabilnost). *Vestnik selskokhozyaystvennykh nauk Kazakhstana = Bulletin of Agricultural Sciences of Kazakhstan*. 2010b;(6):7-9. [in Russian] (Абугалиева А.И., Ажгалиев Т.Б. Тестирование сортового генофонда овса на отличимость, однородность и стабильность. *Вестник сельскохозяйственных наук Казахстана*. 2010b;(6):7-9).
- Abugalieva A.I., Azhgaliev T.B. Varietal gene pool of oats in Kazakhstan: productivity and hulliness (Sortovoy genofond ovsa v Kazakhstane: produktivnost i plenchatost). *Research, Results*. 2010c;2(046):186-190. [in Russian] (Абугалиева А.И., Ажгалиев Т.Б., Сортовой генофонд овса в Казахстане: продуктивность и пленчатость. *Исследования, результаты*. 2010c;2(046):186-190).
- Abugalieva A.I., Azhgaliev T.B., Savin T.V. Characteristic of oat varietal gene pool as to productivity and quality. *Siberian Herald of Agricultural Sciences*. 2011a;9-10(222):44-51. [in Russian] (Абугалиева А.И., Ажгалиев Т.Б., Савин Т.В. Характеристика сортового генофонда овса по продуктивности и качеству. *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*. 2011a;9-10(222):44-51).
- Abugalieva A.I., Azhgaliev T.B., Savin T.V. Oat varietal genofund: oil content and quality. *Modern Problems of Science and Education*. 2012a;(1):198. [in Russian] (Абугалиева А.И., Ажгалиев Т.Б., Савин Т.В. Сортовой генофонд овса: содержание и качество жира. *Современные проблемы науки и образования*. 2012a;(1):198). URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=5419> [дата обращения: 19.11.2020].
- Abugalieva A.I., Savin T.V. β -glucan content in oats grain. *Siberian Herald of Agricultural Science*. 2013;4(233):76-83. [in Russian] (Абугалиева А.И., Савин Т.В. Содержание β -глюкана в зерне овса. *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*. 2013;4(233):76-83).
- Abugalieva A.I., Sariev B.S., Savin T.V., Grando S., El-Haramein F. The content of β -glucan and nutritional value of varieties of oats and barley in Kazakhstan (Soderzhaniye β -glyukana i pitatel'naya tsennost sortov ovsa i yachmenya Kazakhstana). *Vestnik selskokhozyaystvennykh nauk Kazakhstana = Bulletin of Agricultural Sciences of Kazakhstan*. 2011b;(12):6-10. [in Russian] (Абугалиева А.И., Сариев Б.С., Савин Т.В., Грандо С., Эль-Хараймен Ф. Содержание β -глюкана и питательная ценность сортов овса и ячменя Казахстана. *Вестник сельскохозяйственных наук Казахстана*. 2011b;(12):6-10).
- Abugalieva A.I., Zhundibaev K.K., Sariev B.S. Breeding oats for productivity and quality (Selektsiya ovsa na produktivnost i kachestvo). *Vestnik selskokhozyaystvennykh nauk Kazakhstana = Bulletin of Agricultural Sciences of Kazakhstan*. 2012b;(7):13-16. [in Russian] (Абугалиева А.И., Жундибаев К.К., Сариев Б.С. Селекция овса на продуктивность и качество. *Вестник сельскохозяйственных наук Казахстана*. 2012b;(7):13-16).
- Batalova G.A. Contemplating the problem of oats grain quality. *Agrarian Reporter of South-East*. 2009;3(3):23-25. [in Russian] (Баталова Г.А. К вопросу о качестве зерна овса. *Аграрный вестник Юго-Востока*. 2009;(3):23-25).
- Biel W., Bobko K., Maciorowski R. Chemical composition and nutritive value of husked and naked oats grain. *Journal of Cereal Science*. 2009;49(3):413-418. DOI: 10.1016/j.jcs.2009.01.009
- Frey K.J. Genetic resources of oats. In: H.L. Shands, L. Wiesner (eds). *Use of plant introductions in cultivar development Part-I, CSSA Special Publication No. 17*. Madison, WI: Crop Science Society of America; 1991. p.15-24.
- Hall M.B., Tarr A.W. Oat starch quality and relationships to other quality traits. In: R.J. Cross (ed.). *6th International Oat Conference: Proceedings, held at Lincoln University, Lincoln, NZ, 13-16 November 2000*. Canterbury, New Zealand: Lincoln University; 2000. p.25-30.
- Konurbekov M. Breeding work on oats (Selektsionnaya rabota po ovsu). In: *Scientific foundations of agricultural development in the south of Kazakhstan (Nauchnye osnovy razvitiya selskogo khozyaystva na yuge Kazakhstana)*. Almaty: Bastau; 2001. p.239-241. [in Russian] (Конурбеков М. Селекционная работа по овсу. В кн.: *Научные основы развития сельского хозяйства на юге Казахстана*. Алматы: Бастау; 2001. С.239-241).
- Kozlova G.Ya., Akimova O.V. Comparative assessment of the bare-grained and filmy oats varieties on main parameters of corn quality. *Agricultural Biology*. 2009;44(5):87-89. [in Russian] (Козлова Г.Я., Акимова О.В. Сравнительная оценка голозерных и пленчатых сортов овса по основным показателям качества зерна. *Сельскохозяйственная биология*. 2009;44(5):87-89).
- Kravchenko N. Varieties of barley and oats and their significance (Sorta yachmenya i ovsa i ikh znachimost). *Vestnik selskokhozyaystvennykh nauk Kazakhstana = Bulletin of Agricultural Sciences of Kazakhstan*. 2004;(7):8-9. [in Russian] (Кравченко Н. Сорта ячменя и овса и их значимость. *Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана*. 2004;(7):8-9).
- Loskutov I.G. Oat (*Avena L.*). Distribution, taxonomy, evolution and breeding value. 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., Chmeleva Z.V., Gubareva N.K., Khoreva V.I., Nizova G.K. Catalogue of the VIR global collection. Issue 704. Oats (Characteristics of grain samples of wild oat species in terms of the content and amino acid composition of protein and the content and fatty acid compo-

- sition of oil under the conditions of Leningrad Province. Protein formulas of oats according to the electrophoretic spectra of avenin). St. Petersburg: VIR; 1999. [in Russian] (Лоскутов И.Г., Чмелева З.В., Губарева Н.К., Хорева В.И., Низова Г.К. Каталог мировой коллекции ВИР. Выпуск 704. Овес. (Характеристика зерна образцов дикорастущих видов овса по содержанию и аминокислотному составу белка и по содержанию и жирнокислотному составу маслу в условиях Ленинградской области. Белковые формулы овса по электрофоретическим спектрам авенина). Санкт-Петербург: ВИР; 1999).
- Loskutov I.G., Polonskiy V.I. Content of β -glucans in oat grain as a perspective direction of breeding for health products and fodder (review). *Agricultural Biology*. 2017;52(4):646-657. DOI: 10.15389/agrobiology.2017.4.646eng
- Paton D. Oat starch: physical, chemical, and structural properties. In: F.H. Webster (ed.). *Oats: Chemistry and Technology*. St. Paul, Minnesota; 1986. p.93-120.
- Peltonen-Sainio P., Kirkkari A.M., Jauhianen L. Characterising strengths, weakness, opportunities and threats in producing naked oat as a novel crop for northern growing conditions. *Agricultural and Food Science*. 2004;13(1-2):212-228.
- Peterson D.M. Oat – a multifunctional grain. In: P. Peltonen-Sainio, M. Topi-Hulmi (eds). *Proceedings: 7th International Oats Conference*. Helsinki: MTT Agrifood Research Finland; 2004. p.21-26.
- Polonskiy V., Loskutov I., Sumina A. Biological role and health benefit of antioxidant compounds in cereals. *Biological Communication*. 2020;65(1):53-67. DOI: 10.21638/spbu03.2020.105
- Savin V.N., Abugaliev I.A., Abugaliev A.I. Optimization of analytical research in crop production (Optimizatsiya analiticheskikh issledovaniy v rasteniyevodstve). *Russian Agricultural Sciences*. 1998;(2):13-15. [in Russian] (Савин В.Н., Аbugалиев И.А., Аbugалиева А.И. Оптимизация аналитических исследований в растениеводстве. *Доклады РАСХН*. 1998;(2):13-15).
- Zhundibaev K.K., Sariev B.S. Breeding of oats in Kazakhstan (Seleksiya ovsa v Kazakhstane). Almaty; 2009. [in Russian] (Жундибаев К.К., Сариев Б.С. Селекция овса в Казахстане. Алматы; 2009).

Прозрачность финансовой деятельности / The transparency of financial activities

Авторы не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.

The authors declare the absence of any financial interest in the materials or methods presented.

Для цитирования / How to cite this article

Аbugалиева А.И., Лоскутов И.Г., Савин Т.В., Чудинов В.А. Изучение голозерного овса из коллекции ВИР на качественные показатели в условиях Казахстана. Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2021;182(1):9-21. DOI: 10.30901/2227-8834-2021-1-9-21

Abugaliev A.I., Loskutov I.G., Savin T.V., Chudinov V.A. Evaluation of naked oat accessions from the VIR collection for their qualitative characteristics in Kazakhstan. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2021;182(1):9-21. DOI: 10.30901/2227-8834-2021-1-9-21

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы / The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work

Дополнительная информация / Additional information

Полные данные этой статьи доступны / Extended data is available for this paper at <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2021-1-9-21>

Мнение журнала нейтрально к изложенным материалам, авторам и их месту работы / The journal's opinion is neutral to the presented materials, the authors, and their employer

Авторы одобрили рукопись / The authors approved the manuscript

Конфликт интересов отсутствует / No conflict of interest

ORCID

Abugaliev A. I. <https://orcid.org/0000-0002-9219-3625>
Loskutov I.G. <https://orcid.org/0000-0002-9250-7225>

Savin T.V. <https://orcid.org/0000-0001-6740-8383>
Chudinov V.A. <https://orcid.org/0000-0002-3550-647x>

СВЕТЛОЙ ПАМЯТИ СОРАТНИКА И КОЛЛЕГИ

Аbugалиева Айгуль Изтелеуовна

(1959–2020)

Айгуль Изтелеуовна была большим другом и популяризатором деятельности Всероссийского института генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова (ВИР). С 1980-х гг. ее связала творческая дружба с ВИР. Как биохимик А. И. Аbugалиева стала заниматься идентификацией пшеницы по запасным белкам семян с использованием метода электрофореза, разработанного академиком В. Г. Конаревым. В последующем Айгуль Изтелеуовна неоднократно посещала ВИР, принимала участие в семинарах, конференциях, в совместных научных проектах изучала генофонд диких и культурных растений из коллекции ВИР по биохимическим, технологическим и питательным свойствам зерна, устойчивости к биотическим и абиотическим стрессорам, фотосинтетическому потенциалу продуктивности. Она способствовала обмену рас-

сультельными ресурсами между нашими странами. Благодаря ее усилиям коллекция ВИР постоянно пополнялась новым селекционным материалом казахского происхождения и результатами изучения коллекции в контрастных условиях Казахстана. За заслуги в деле пополнения, комплексного изучения и сохранения коллекции ВИР в 2012 г. профессор Айгуль Изтелеуовна Аbugалиева была награждена медалью академика Н. И. Вавилова «За особые заслуги в деле сохранения Вавиловской коллекции мировых генетических ресурсов растений».

Светлая память о неутомимой труженице, подвижнице, талантливом ученом, преданной коллеге и верном соратнике будет жить в наших сердцах.

ВИРОВОЦЫ