

Качество зерна перспективных линий овса на заключительном этапе селекционного процесса в условиях Северного Зауралья*

М. Н. ФОМИНА, Ю. С. ИВАНОВА, Н. А. БРАГИН, М. В. БРАГИНА

Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Северного Зауралья – филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра Тюменского научного центра Сибирского отделения Российской академии наук, ул. Бурлаки, 2, пос. Московский, Тюменский р-н, Тюменская обл., 625501, Российская Федерация

Резюме. Исследования проводили с целью определения факторов, влияющих на формирование качества зерна, и оценки линий овса на заключительном этапе селекционного процесса (конкурсное сортоиспытание) для выделения наиболее перспективных генотипов, способных формировать зерно высокого качества и отвечающих требованиям современной перерабатывающей промышленности. В 2016–2020 гг. в условиях Северного Зауралья (почва серая лесная тяжелосуглинистая оподзоленная почва) ежегодно оценивали 45...60 перспективных селекционных образцов овса пленчатого (*Avena sativa* L.) и овса голозерного (*Avena nudisativa* L.) с использованием общепринятых методик, стандарты – сорта Отрада (пленчатый) и Тюменский голозерный (голозерный). Натура зерна, масса 1000 зерен, пленчатость и содержание жира во многом зависят от генотипа (доля влияния соответственно – 43,4 %; 49,8 %; 47,2 %; 36,0 %) и условий среды (доля влияния – 35,9 %; 39,8 %; 45,9 %; 35,4 %). Формирование натуры зерна и накопление жира зависело также от взаимодействия генотип × среда (доля влияния соответственно – 19,0 %; 17,1 %). На содержание белка и крахмала в зерне овса сильно влияли условия среды – соответственно 42,9 % и 46,0 %. Отмечена положительная связь урожайности с натурой зерна ($r = 0,43 \pm 0,12 \dots 0,88 \pm 0,10$) и массой 1000 зерен ($r = 0,43 \pm 0,20 \dots 0,91 \pm 0,09$). Выделены сорта и образцы пленчатого овса для переработки на пищевые цели – Отрада (натура зерна 520,7 г/л, пленчатость 23,8 %), Фома (508,3 г/л, 23,6 %), Тобояк (505,9 г/л, 23,5 %), ТМ 08-136-55 (509,9 г/л, 23,6 %) и ТМ 11-6-1 (510,2 г/л, 26 %). Сорт Фома превосходил стандарт Отрада по урожайности зерна – на 7,64 %, Тобояк – на 5,21 %, линия ТМ 08-136-55 – на 8,33 %, ТМ 11-6-1 – на 7,64 %.

Ключевые слова: овес (*Avena sativa* L.), конкурсное сортоиспытание, качество зерна, технологические свойства, биохимические показатели.

Сведения об авторах: М. Н. Фомина, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник (e-mail: maria_f72@mail.ru); Ю. С. Иванова, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник; Н. А. Брагин, научный сотрудник; М. В. Брагина, младший научный сотрудник.

Для цитирования: Качество зерна перспективных линий овса на заключительном этапе селекционного процесса в условиях Северного Зауралья / М. Н. Фомина, Ю. С. Иванова, Н. А. Брагин и др. // Достижения науки и техники АПК. 2023. Т. 37. № 3. С. 34–38. doi: 10.53859/02352451_2023_37_3_34.

*исследования выполнены в соответствии с государственным заданием Сибирского отделения Российской академии наук: № НИОКТР 121041600036-6.

Grain quality of promising oat lines at the final stage of the breeding process in the conditions of the Northern Trans-Urals*

M. N. Fomina, Yu. S. Ivanova, N. A. Bragin, M. V. Bragina

Research Agricultural Institute of the Northern Trans-Urals, branch of the Federal Research Center of Tyumen Scientific Center, Siberian branch, Russian Academy of Sciences, ul. Burlaki, 2, pos. Moskovskii, Tyumenskii r-n, Tyumenskaya obl., 625501, Russian Federation

Abstract. The studies aimed to determine the factors influencing the formation of grain quality and to evaluate oat lines at the final stage of the breeding process (competitive variety testing) in order to identify the most promising genotypes capable of forming high quality grain and meeting the requirements of modern processing industry. In 2016–2020 under the conditions of the Northern Trans-Urals (grey forest heavy loamy podzolized soil), 45–60 promising breeding varieties of hulled oats (*Avena sativa* L.) and hollow oats (*Avena nudisativa* L.) were annually evaluated using generally accepted methods. The standards were varieties Otrada (hulled) and Tyumenskij golozerny (hollow). The nature of the grain, the weight of 1000 grains, filminess and fat content largely depend on the genotype (the share of influence, respectively, is 43.4%; 49.8%; 47.2%; 36.0%) and environmental conditions (the share of influence is 35.9%; 39.8%; 45.9%; 35.4%). The formation of the nature of the grain and the accumulation of fat also depended on the interaction of the genotype × environment (the share of influence, respectively, was 19.0%; 17.1%). The content of protein and starch in oat grain was strongly influenced by environmental conditions – 42.9% and 46.0%, respectively. A positive relationship was observed between the yield and the grain size ($r = 0.43 \pm 0.12 - 0.88 \pm 0.10$) and the weight of 1000 grains ($r = 0.43 \pm 0.20 - 0.91 \pm 0.09$). Varieties of filmy oats for processing for food purposes have been identified – Otrada (grain size 520.7 g/l, film content 23.8%), Foma (508.3 g/l, 23.6%), Tobolyak (505.9 g/l, 23.5%), TM 08-136-55 (509.9 g/l, 23.6%) and TM 11-6-1 (510.2 g/l, 26%). The variety Foma surpassed the standard variety Otrada in terms of grain yield – by 7.64%, Tobolyak – by 5.21%, line TM 08-136-55 – by 8.33%, TM 11-6-1 – by 7.64%.

Keywords: oats (*Avena sativa* L.); competitive variety testing; grain quality; technological properties; biochemical parameters.

Author Details: M. N. Fomina, Cand. Sc. (Agr.), leading research fellow (e-mail: maria_f72@mail.ru); Yu. S. Ivanova, Cand. Cs. (Biol.), research fellow; N. A. Bragin, research fellow; M. V. Bragina, junior research fellow.

For citation: Fomina MN, Ivanova YuS, Bragin NA, et al. [Grain quality of promising oat lines at the final stage of the breeding process in the conditions of the Northern Trans-Urals]. Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2022;37(3):34–8. Russian. doi: 10.53859/02352451_2023_37_3_34.

Овес – сельскохозяйственная культура разнообразного использования. Она имеет большое агротехническое, техническое, пищевое, кормовое и лечебное значение [1]. Его широкое распространение определяют большой спектр экотипов и высокая адаптивность к условиям окружающей среды. К преимуществам овса следует отнести также то, что эта культура не предъявляет больших требований к теплу и почве для формирования высококачественного зерна [2].

Для Российской Федерации это традиционная культура разнопланового использования [3]. Она лидирует среди крупнейших производителей овса в мире как по занимаемым площадям (около 3 млн га), так и по валовому сбору (более 4 млн т). Доля России в мировом производстве этой культуры в 2015 г. составила около 20 % (<https://ikar.ru/article/209.html>).

Многоплановое использование и высокая пластичность способствовали широкому распространению овса в Сибири.

Вклад сибирских регионов в общий объем производимого в России зерна овса составляет около 40 % (<https://specagro.ru/sites/default/files/2020-08/daydzhest-zernovye-no-15-red>). Как культура универсального использования, не требовательная к плодородию почв, овес возделывают во всех природно-климатических зонах Тюменской области. По данным Росстата, в 2020 г. она входила в пятерку регионов-лидеров по размерам посевных площадей (106,4 тыс. га, или 4,4 % от общей по стране) и валовым сборам зерна овса (186,9 тыс. т, или 4,5 % от общероссийского) (<https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/fSLOC1s0/Va11-20.rar>).

Одним из наиболее актуальных и перспективных направлений в селекции овса считают создание сортов, обеспечивающих выращивание продукции высокого качества [4]. Качество зерна овса в первую очередь определяют технологические свойства, которые при переработке обеспечивают выход готовой продукции и формируются под воздействием большой группы факторов в процессе вегетации, послеуборочной обработки и хранения [5].

Зерно овса – биологически и энергетически ценное продовольственное и фуражное сырье, которое относят к источникам биологически активных веществ [6]. Фуражные и пищевые достоинства зерна овса определяет белок с повышенным содержанием незаменимых аминокислот и высокое содержание жира [7]. Важная характеристика переваримости овсяного зерна – наличие в нем крахмала. По своей структуре крахмал овса значительно отличается от крахмала других зерновых культур и стоит ближе к наиболее крахмалистой культуре – рису [8]. Уровень накопления биохимических веществ в зерне овса зависит от многих факторов [9].

Сорт – важный технологический элемент, позволяющий реализовать биологический потенциал культуры. Он, как основа сельскохозяйственного производства, вносит значительный вклад в формирование продукции высокого качества [10].

Создание сортов овса, обеспечивающих продукцию высокого качества – важная и ответственная задача, для решения которой необходима полноценная оценка перспективного селекционного материала. От того насколько объективно будут изучены новые, создаваемые селекционерами формы по качеству зерна, зависит основа эффективного крупного производства [11].

Цель исследования – установить факторы, влияющие на формирование качества зерна, и дать оценку линиям овса на заключительном этапе селекционного процесса (конкурсное сортоиспытание) для выделения наиболее перспективных линий, способных формировать зерно высокого качества и отвечающих требованиям современной перерабатывающей промышленности.

Условия, материалы и методы. Экспериментальную работу проводили в Научно-исследовательском институте сельского хозяйства Северного Зауралья – филиал Федерального исследовательского центра Тюменского научного центра Сибирского отделения Российской академии наук (НИИСХ Северного Зауралья, Тюменская область, северная лесостепь) в 2016–2020 гг. В конкурсном испытании ежегодно оценивали 45...60 перспективных сортов овса пленчатого и голозерного. Для оценки по комплексу хозяйственно биологических признаков перспективные линии необходимо сравнивать между собой и с лучшими сортами. Для

сравнения использовали возделываемые в регионе сорта овса пленчатого – Мегион в реестре с 1993 г., Талисман с 2002 г., Отрада с 2013 г., Фома с 2015 г., Тоболяк с 2020 г., голозерного – Тюменский голозерный в реестре с 2000 г. Селекционные питомники закладывали на серой лесной тяжелой суглинистой оподзоленной почве. Мощность пахотного горизонта – 18...30 см, содержание гумуса в почве (по Тюрину, ГОСТ 23740-79) – 1,50...4,75 %, кислотность солевой вытяжки (по Алямовскому) – 5,5...6,8 ед. pH, содержание нитратного азота (по Градндваль-Ляжу) – 6,6...7,9 мг/кг почвы; подвижных форм (по Чирикову) фосфора и калия – 19,8...24,5 и 19,0...20,6 мг/100 г почвы соответственно. Предшественник – яровая пшеница.

Посев конкурсному сортоиспытанию осуществляли сеялкой СКС-6-10, учетная площадь 20 м², повторность четырехкратная. Норма высева 550 всхожих семян на 1 м². В качестве стандарта использовали сорта Отрада (пленчатый), включенный в государственный реестр селекционных достижений в 2013 г. и Тюменский голозерный (в государственном реестре с 2000 г).

Учеты и наблюдения проводили согласно общепринятым методикам (*Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур / сост. М. А. Федин, Ю. А. Роговский, Л. В. Исаева и др. М.: Колос, 1989. 248 с.; Методические указания по изучению и сохранению мировой коллекции ячменя и овса. С-Петербург: ООО «Копи-Р», 2012. 63 с.*)

Технологические свойства зерна и биохимические показатели определяли в аналитической лаборатории НИИСХ Северного Зауралья. Технологическую оценку зерна проводили в соответствии со следующими государственными стандартами: натура зерна – ГОСТ 10840-2017, масса 1000 зерен – ГОСТ 10842-89, пленчатость – ГОСТ 10843-76. Содержание белка в зерне определяли фотоколориметрическим методом (Куркаев В. Т., Ерошкина С. М., Понамарев А. А. *Сельскохозяйственный анализ и основы биохимии растений. М.: Колос, 1977. С. 107–108*), содержание жира – на установке ЭЖ-101 методом экстрагирования (по Рушковскому), содержание крахмала – поляриметрическим методом (ГОСТ 10845-98).

Математическую обработку результатов выполняли методом дисперсионного анализа (Доспехов Б. А. *Методика полевого опыта. М.: Колос, 1985. 381 с.*) с использованием пакета прикладных программ Microsoft Excel и «Snedecor» (Сорокин О. Д. *Прикладная статистика на компьютере. Новосибирск: ГУП РПО СО РАХН, 2004. 162 с.*)

Метеорологические условия вегетационного периода в годы исследований отличались по обеспеченности растений теплом и влагой. Увлажненными были 2017, 2018, 2019 гг. – гидротермический коэффициент (ГТК) составил 1,48...1,68 (табл. 1). Недостаточной влагообеспеченностью и высокой температурой характеризовались 2016 и 2020 г. (ГТК соответственно 0,69; 0,89). Недобор тепла (99,0 % к норме) при достаточно высоком увлажнении (126,3 % к норме) отмечен в 2018 г. Дефицит тепла наблюдали в отдельные месяцы 2017 г. (май, июль) и 2019 г. (июнь), однако высокие

Таблица 1. Метеорологические условия вегетационного периода (май – август, 2016–2020 гг.)

Показатель	Единица измерения	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.
Количество осадков	мм	149,8	281,7	306,9	299,3	189,7
% от нормы		61,6	115,9	126,3	123,7	78,1
Среднесуточная температура	°С	17,6	15,5	14,8	16,1	17,3
% от нормы		117,3	103,3	98,7	107,3	115,3
Сумма положительных температур	°С	2163	1900	1825	1906	2133
% от нормы		117,3	103,0	99,0	103,4	115,7
Гидротермический коэффициент (ГТК)	ед.	0,69	1,48	1,68	1,57	0,89

среднесуточные температуры в течение остального периода вегетации компенсировали этот недостаток. Сумма положительных температур в целом за вегетационный период в эти годы незначительно превысила норму (+3,0...3,4 %).

Результаты и обсуждение. В 2016–2020 гг. установлено значительное варьирование качественных показателей у пленчатых и голозерных форм в зависимости от условий выращивания и сортовых особенностей. Натура зерна в разрезе сортов варьировала у пленчатых форм – от 439,5 г/л (ТМ 09-68-3, 2017 г.) до 548,0 г/л (Отрада, 2017 г.); у голозерных – от 499,0 г/л (ТМ 04-14-2, 2017 г.) до 698,6 г/л (ТМг 3-3, ТМг 3-20; 2020 г.). Масса 1000 зерен у пленчатых сортов изменялась от 28,6 (ТМ 13-9-18, 2020 г.) до 44,0 г (ТМ 11-62-5, 2018 г.), у голозерных – от 22,2 (ТМг 3-3, 2019 г.) до 31,3 г (ТМг 3-20, 2016 г.). Доля цветковых чешуй в зерновке пленчатых номеров колебалась от 20,1 (Фома, ТМ 10-8-1, 2018 г.) до 31,3 % (ТМ 10-25-18, 2017 г.). Содержание белка у пленчатых форм варьировало от 6,70 (ТМ 13-40-6, 2019 г.) до 13,29 % (ТМ 09-68-3, 2016 г.); у голозерных – от 9,04 (ТМг 3-19, 2019 г.) до 16,32 % (ТМг 3-6, 2016 г.). Минимальное содержание жира (2,39 %) среди пленчатых номеров было отмечено у линии ТМ 09-68-3 в 2020 г., максимальное (6,38 %) – у линии ТМ 14-27-3 в 2019 г.; у голозерных форм этот показатель изменялся от 3,41 (Тюменский голозерный, 2016 г.) до 7,23 % (ТМг 3-20, 2019 г.). Самое низкое содержание крахмала (45,15 %) среди пленчатых сортов и линий было установлено у сорта Талисман в 2016 г., наибольшее в этой группе (61,54 %) – у номера ТМ 11-4-1 в 2018 г. В группе голозерных номеров самая низкая величина этого показателя (50,12 %) была у линии ТМг 3-19 в 2017 г., максимальная (63,02 %) – у линии ТМ 04-14-2 в 2018 г.

Таблица 2. Доля влияния факторов на показатели качества зерна у селекционных линий овса в условиях Северного Зауралья (2017–2020 гг.), %

Фактор	Натура зерна	Масса 1000 зерен	Пленчатость	Содержание в зерне		
				белка	жира	крахмала
Фактор А сорт (генотип)	43,4*	49,8*	47,2*	10,6	36,0*	11,9
Фактор В условия выращивания (среда)	35,9*	39,8*	45,9*	42,9*	35,4*	46,0*
Взаимодействие АВ	19,0	6,8	4,2	37,2*	17,1	37,6*
Ошибка	1,7	3,6	2,7	9,3	11,5	4,5

* достоверно на уровне значимости 5 %.

Влияние отдельных факторов на показатели качества зерна было неоднозначным. Натура зерна зависела от сортовых особенностей на 43,4 %, масса 1000 зерен – на 49,8 %, пленчатость – на 47,2 %, доля влияния на величины этих показателей метеорологических условий составляла соответственно 35,9 %, 39,8 % и 45,9 % (табл. 2). На натурной массе зерна отразилось также взаимодействие факторов сорт (генотип) × условия среды (доля влияния 19,0 %). Формирование белка и крахмала в зерне селекционных образцов овса в значительной степени (соответственно 42,9 % и 46,0 %) зависело от условий среды и взаимодействия факторов генотип × среда (37,2 % и 37,6 %) что совпадает с результатами исследований Shvachko [5]. Доля влияния

генотипа на их накопление составила соответственно 10,6 % и 11,9 %. Содержание жира во многом определяли сортовые особенности (36,0 %) и условия среды (35,4 %), менее значимым было взаимодействие двух факторов (17,1 %).

Результаты анализа взаимосвязи урожая зерна с его технологическими и биохимическими показателями качества (табл. 3) свидетельствуют о наличии тесной положительной корреляции между урожайностью и натурой зерна ($r=0,43...0,88$). Связь урожайности с массой 1000 зерен в большинстве случаев была положительной от средней до сильной ($r=0,43...0,91$). Связь урожайности с пленчатостью чаще всего была незначительной ($r=0,04...0,18$) или отрицательной ($r=-0,34...-0,43$). В большинстве случаев была отмечена тенденция к снижению содержания жира при росте урожайности ($r=-0,02...-0,83$). В исследованиях Paudel [8] отмечена положительная взаимосвязь урожайности с накоплением жира, в наших исследованиях она не подтверждается, напротив, происходило снижение содержания жира при увеличении урожайности ($r=-0,02...-0,83$). Связь урожайности с содержанием белка и крахмала была не так прямолинейна, здесь сказалось влияние других факторов. В отношении накопления белка она варьировала от слабой положительной ($r=0,17$) до сильной отрицательной ($r=-0,98$), в отношении крахмала – от слабой отрицательной ($r=-0,10$) до сильной положительной ($r=0,83$). Известно, что увеличение продуктивности, как правило, ведет к снижению уровня белка [12]. Поэтому необходимости вести селекцию на улучшение качества зерна без потери урожая.

Влияние продолжительности вегетационного периода на формирование качественного зерна было неоднозначным. Увеличение продолжительности периода от всходов

до восковой спелости влекло за собой снижение пленчатости ($r=-0,31...-0,72$) и в большинстве случаев наблюдали снижение массы 1000 зерен ($r=-0,62...-0,73$). С остальными показателями качества зерна (натура зерна, содержание белка, содержание жира, содержание крахмала) прямолинейной связи не установлено (табл. 4).

Анализ корреляционных данных свидетельствовал о незначительном влиянии продолжительности вегетационного периода на большинство технологических ($r=0,18...0,48$) и биохимических показателей ($r=0,39...0,50$) качества зерна. Отмечена отрицательная связь пленчатости зерна с продолжительностью периода всходы–восковая спелость ($r=-0,31...-0,72$).

Изучению изменчивости коэффициента корреляции между признаками, посвящено значительное число работ, которые указывают на их исключительную вариабельность в зависимости от признака, сорта и условий выращивания [13].

Анализ взаимосвязи показателей качества зерна показал, что увеличение натурности зерна в большинстве случаев

Таблица 3. Связь урожайности с технологическими и биохимическими показателями качества зерна у селекционных линий овса конкурсного сортоиспытания ($r \pm s$)

Показатель	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.
Натура зерна, г/л	0,48±0,20*	0,88±0,10*	0,69±0,16*	0,74±0,15*	0,43±0,12*
Масса 1000 зерен, г	-0,43±0,20*	0,91±0,09*	-0,26±0,21	0,43±0,20*	0,90±0,06*
Пленчатость зерна, %	-0,46±0,20*	0,18±0,22	-0,33±0,20*	0,98±0,04*	0,04±0,14
Содержание белка, %	-0,95±0,02*	0,50±0,20*	0,39±0,20*	-0,98±0,04*	0,17±0,13
Содержание жира, %	-0,38±0,20*	-0,02±0,22	-0,06±0,22	-0,83±0,12*	0,88±0,06*
Содержание крахмала, %	-0,10±0,22	0,70±0,15*	0,83±0,12*	-0,40±0,20*	-0,74±0,09*

* достоверно на уровне 5 %.

Таблица 4. Влияние продолжительности вегетационного периода на технологические и биохимические показатели качества зерна у селекционных линий овса в конкурсном испытании ($r \pm s$)

Показатель	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.
Период всходы – восковая спелость					
Натура зерна, г/л	0,35±0,15*	-0,11±0,16	-0,40±0,14*	0,34±0,13*	0,56±0,11*
Масса 1000 зерен, г	0,62±0,12*	-0,63±0,13*	-0,73±0,11*	-0,11±0,14	-0,05±0,13
Пленчатость зерна, %	-0,42±0,14*	-0,72±0,22	-0,71±0,11*	-0,17±0,14	-0,31±0,14*
Содержание белка, %	0,65±0,12*	0,38±0,15*	-0,96±0,03*	0,68±0,10*	-0,78±0,08*
Содержание жира, %	0,11±0,16	0,21±0,16	0,60±0,13*	-0,68±0,10*	-0,82±0,08*
Содержание крахмала, %	0,71±0,11*	0,85±0,09*	0,88±0,08*	-0,40±0,13*	-0,41±0,12*

* достоверно на уровне 5 %.

связано со снижением массы 1000 зерен ($r=-0,44...-0,96$). Отрицательная корреляция ($r=-0,43...-0,96$) в большинстве случаев установлена между натурой зерна и пленчатостью. Связь натуры зерна с содержанием белка, жира и крахмала была неоднозначной (от сильной положительной до сильной отрицательной), в ряде случаев недостоверной (табл. 5). Корреляция между массой 1000 зерен и содержанием крахмала чаще всего была положительной ($r=0,40...0,88$).

ности.

Оценка качества зерна селекционного материала на заключительном этапе позволила выделить перспективные сорта для переработки на пищевые цели. Большой интерес в этом плане представляли пленчатые сорта нового поколения – Отрада (st), Фома, Тоболяк, а также селекционные линии ТМ 08-136-55 и ТМ 11-6-1. Они формировали более высокую натуру зерна (+10,9...29,6 г/л) относительно ранее

Таблица 5. Взаимосвязь показателей качества зерна у селекционных образцов овса в зоне северной лесостепи Тюменской области ($r \pm s$)

Показатель	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.
Натура зерна					
Масса 1000 зерен, г	-0,44±0,20*	-0,96±0,04*	-0,86±0,10*	0,59±0,19	0,04±0,14
Пленчатость зерна, %	-0,96±0,04*	-0,63±0,17*	-0,43±0,20*	-0,43±0,20*	0,70±0,10*
Содержание белка, %	-0,85±0,12*	0,38±0,20*	-0,05±0,22	-0,53±0,20*	-0,60±0,11*
Содержание жира, %	-0,23±0,21	-0,76±0,15*	-0,01±0,22	0,32±0,20*	0,81±0,08*
Содержание крахмала, %	-0,57±0,19*	0,28±0,21	-0,57±0,19*	0,62±0,17*	-0,69±0,10*
Масса 1000 зерен					
Пленчатость зерна, %	0,10±0,22	-0,54±0,20*	0,79±0,15*	0,11±0,22	0,60±0,11*
Содержание белка, %	-0,82±0,12*	0,78±0,15*	-0,93±0,09*	-0,75±0,15*	0,22±0,13
Содержание жира, %	-0,43±0,20*	-0,48±0,20*	0,41±0,20*	-0,50±0,20*	-0,80±0,08*
Содержание крахмала, %	0,78±0,14*	0,88±0,12*	0,66±0,16*	0,40±0,20*	-0,41±0,12*
Пленчатость					
Содержание белка, %	0,46±0,20*	0,95±0,04*	0,53±0,20*	-0,24±0,21	0,13±0,13
Содержание жира, %	-0,07±0,22	0,82±0,12*	0,21±0,22	0,29±0,21*	0,06±0,14
Содержание крахмала, %	-0,80±0,15*	0,51±0,20*	-0,36±0,20*	-0,81±0,15*	0,73±0,09*
Содержание белка					
Содержание жира, %	-0,26±0,21	0,66±0,16*	0,20±0,21	-0,98±0,04*	0,88±0,06*
Содержание крахмала, %	0,33±0,20*	-0,85±0,10*	0,31±0,20*	-0,03±0,22	-0,62±0,11*
Содержание жира					
Содержание крахмала, %	-0,85±0,12*	0,13±0,22	-0,35±0,20*	-0,80±0,13*	-0,62±0,11*

* достоверно на уровне 5 %.

увеличение крупности зерна в большинстве случаев не способствовало накоплению белка и жира. Влияние пленчатости на содержание белка и жира в большинстве случаев было положительным ($r=0,29...0,95$). Неоднозначной была корреляция пленчатости с содержанием крахмала: от сильной отрицательной ($r=-0,81$) до сильной положительной ($r=0,73$). Отсутствие прямолинейной связи отмечено также между содержанием белка, жира и крахмала. Увеличение содержания жира в большинстве случаев приводило к снижению содержания крахмала ($r=-0,35...-0,85$).

Из полученных данных можно сделать вывод о наличии обратной связи между натурой зерна и содержанием белка и прямой между массой 1000 зерен и содержанием крахмала. При селекционной работе на качество зерна необходимо оценивать высококачественные сорта по комплексу признаков, а также учитывать требования перерабатывающей промышлен-

созданных и возделываемых в регионе сортов, внесенных в список ценных (Мегион и Талисман). Снижение пленчатости, относительно стандартного сорта Отрада у большинства сортов (Фома, Тоболяк, ТМ 08-136-55) составило от 0,6 до 2,1 %. Они формировали зерно средней крупности (масса 1000 зерен 32,7...40,1 г) с содержанием белка 8,77...9,72 %, жира 3,69...5,11 %, крахмала 53,05...55,93 %. Из голозерных форм перспективными были линии ТМг 3-20

Таблица 6. Перспективные сорта овса для использования на пищевые цели (среднее за 2017–2020 гг.)

Сорт, линия	Урожайность, т/га	Натура зерна, г/л	Масса 1000 зерен, г	Пленчатость, %	Содержание в зерне, %		
					белка	жира	крахмала
Мегион	5,14	491,1	35,5	24,4	9,47	4,20	53,41
Талисман	5,62	495,0	34,6	25,9	9,18	4,24	53,96
Отрада, st.	5,76	520,7	35,9	23,8	9,28	5,11	54,60
Фома	6,20	508,3	39,6	23,6	9,72	3,69	53,05
Тоболяк	6,06	505,9	32,7	23,5	8,77	4,14	53,48
ТМ 08-136-55	6,24	509,9	40,1	23,6	9,36	3,69	53,39
ТМ 11-6-1	6,20	510,2	38,3	26,0	9,42	3,74	55,93
Тюменский голозерный st.	2,96	663,3	27,2	-	12,09	4,00	54,78
ТМг 3-20	3,50	668,2	26,5	-	13,49	5,44	56,98
ТМг 3-3	3,46	666,4	26,0	-	13,29	5,21	57,66
НСП ₀₅	0,36	21,1	2,7	1,1	1,19	0,67	3,44

и ТМг 3-3, которые превосходили стандартный сорт Тюменский голозерный по содержанию белка соответственно на 11,58 % и 9,93 %; жира – на 36,00 % и 30,25 %, крахмала – на 4,02 % и 5,26 % (табл. 6).

Перспективная линия ТМ 08-136-55 передана в Государственную комиссию РФ по испытанию и охране селекционных достижений в качестве нового сорта Сириус в 2023 г. Он превзошел стандартный сорт по урожаю зерна на 8,33 %, по массе 1000 зерен – на 11,7 %.

Выводы. Оценка качества зерна селекционного материала на заключительном этапе позволила выделить следующие перспективные сорта для переработки на пищевые цели: Отрада (натура зерна – 520,7 г/л, пленчатость

– 23,8 %), Фома (натура зерна – 508,3 г/л, пленчатость – 23,6 %), Тоболяк (натура зерна – 505,9 г/л, пленчатость – 23,5 %), ТМ 08-136-55 (натура зерна – 509,9 г/л, пленчатость – 23,6 %) и ТМ 11-6-1 (натура зерна – 510,2 г/л, пленчатость – 26 %).

Лидирующие позиции по технологическим и биохимическим показателям занял сорт Отрада (натура 520,7 г/л, содержание жира 5,11 %, крахмала 54,6 %). По содержанию белка он уступал только крупнозерным образцам Фома (на 4,74 %), ТМ 08-136-55 (на 0,86 %), ТМ 11-6-1 (на 1,51 %). Сорта Фома, Тоболяк и линии ТМ 08-136-55, ТМ 11-6-1 превосходили стандартный сорт Отрада по урожайности зерна на 5,21...7,64 %.

Литература.

1. Любимова А. В., Иваненко А. С. Овёс в Тюменской области. Тюмень: НИИСХ СЗ – филиал ТЮМНЦ СО РАН, 2021. 172 с.
2. Петрук В. А. Продуктивность однолетних кормовых трав и травосмесей в лесостепной зоне Западной Сибири // *Кормопроизводство*. 2017. № 6. С. 11–14.
3. Баталова Г. А. Селекция овса на качество зерна в Волго-Вятском регионе // *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2018. № 3 (27). С. 81–87. doi: 10.24411/2309-348X-2018-11038.
4. Оценка технологических свойств некоторых сортов голозерного овса, как сырья для производства крахмала / Н. Р. Андреев, Г. А. Баталова, Л. П. Носовская и др. // *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2016. № 1 (17). С. 83–89.
5. Bioactive components in oat and barley grain as a promising breeding trend for functional food production / N. A. Shvachko, I. G. Loskutov, T. V. Semilet, et al. // *Molecules*. 2021. Vol. 26. No. 8. Article 2260. URL: <https://www.mdpi.com/1420-3049/26/8/2260> (дата обращения: 06.04.2023). doi: 10.3390/molecules26082260.
6. Polonskiy V., Loskutov I., Sumina A. Biological role and health benefit of antioxidant compounds in cereals // *Biological Communications*. 2020. Vol. 65. No. 1. P. 53–67.
7. Селекция овса голозерного сорта Вировец / Г. А. Баталова, И. Г. Лоскутов, С. Н. Шевченко и др. // *Российская сельскохозяйственная наука*. 2019. № 4. С. 8–11. doi: 10.31857/S2500-2627201948-11.
8. A review of health-beneficial properties of oats / D. Paudel, B. Dhungana, M. Caffè, et al. // *Foods*. 2021. Vol. 10. No. 11. Article 2591. URL: <https://www.mdpi.com/2304-8158/10/11/2591> (дата обращения: 07.04.2023). doi: 10.3390/foods10112591.
9. Изучение голозерного овса из коллекции ВИР на качественные показатели в условиях Казахстана / А. И. Абуғалиева, И. Г. Лоскутов, Т. В. Савин и др. // *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2021. Т. 182. № 1. С. 9–21. doi: 10.30901/2227-8834-2021-1-9-21.
10. Иванова Ю. С., Фомина М. Н., Лоскутов И. Г. Биохимические показатели качества зерна у коллекционных образцов овса голозерного в условиях северной лесостепи // *Достижения науки и техники АПК*. 2018. Т. 32. № 6. С. 38–41. doi: 10.24411/0235-2451-2018-10609.
11. Кардашина В. Е., Николаева Л. С. Конкурсное испытание сортов и линий овса в условиях Свердловской области // *Достижения науки и техники АПК*. 2019. Т. 33. № 6. С. 26–29. doi: 10.24411/0235-2451-2019-10606.
12. Изменение урожайности и качества зерна овса с повышением адаптивности сортов / О. А. Юсова, П. Н. Николаев, И. В. Сафонова и др. // *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2020. Т. 181. № 2. С. 42–49. doi: 10.30901/2227-8834-2020-2-42-49.
13. Biochemical assessment of oat genotypes revealed variability in grain quality with nutrition and crop improvement implications / A. Poonia, D. S. Phogat, Versha, et al. // *Food Chemistry*. 2022. Vol. 377. Article 131982. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814621029885> (дата обращения: 07.04.2023). doi: 10.1016/j.foodchem.2021.131982.

References

1. Lyubimova AV, Ivanenko AS. Oves v Tyumenskoi oblasti [Oats in the Tyumen region]. Tyumen' (Russia): NIISKh SZ – filial TyumNTs SO RAN; 2021. 172 p. Russian.
2. Petruk VA. [Productivity of annual fodder grasses and grass mixtures in the forest-steppe zone of Western Siberia]. *Kormoproizvodstvo*. 2017;(6):11-4. Russian.
3. Batalova GA. [Oats breeding for grain quality in the Volga-Vyatka region]. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. 2018;(3):81-7. Russian. doi: 10.24411/2309-348X-2018-11038.
4. Andreev NR, Batalova GA, Nosovskaya LP, et al. [Evaluation of the technological properties of some varieties of huskless oats as a raw material for the production of starch]. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. 2016;(1):83-9. Russian.
5. Shvachko NA, Loskutov IG, Semilet TV, et al. Bioactive components in oat and barley grain as a promising breeding trend for functional food production. *Molecules* [Internet]. 2021 [cited 2023 Apr 6];26(8): Article 2260. Available from: <https://www.mdpi.com/1420-3049/26/8/2260>. doi: 10.3390/molecules26082260.
6. Polonskiy V, Loskutov I, Sumina A. Biological role and health benefit of antioxidant compounds in cereals. *Biological Communications*. 2020;65(1):53-67.
7. Batalova GA, Loskutov IG, Shevchenko SN, et al. [Oats breeding of the huskless variety Virovets]. *Rossiiskaya sel'skokhozyaistvennaya nauka*. 2019;(4):8-11. Russian. doi: 10.31857/S2500-2627201948-11.
8. Paudel D, Dhungana B, Caffè M, et al. A review of health-beneficial properties of oats. *Foods* [Internet]. 2021 [cited 2023 Apr 7];10(11): Article 2591. Available from: <https://www.mdpi.com/2304-8158/10/11/2591>. doi: 10.3390/foods10112591.
9. Abugalieva AI, Loskutov IG, Savin TV, et al. [Examination of huskless oats from the VIR collection for qualitative indicators in the conditions of Kazakhstan]. *Trudy po prikladnoi botanike, genetike i selektsii*. 2021;182(1):9-21. Russian. doi: 10.30901/2227-8834-2021-1-9-21.
10. Ivanova YuS, Fomina MN, Loskutov IG. [Biochemical indicators of grain quality in collection samples of huskless oats in the conditions of the northern forest-steppe]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2018;32(6):38-41. Russian. doi: 10.24411/0235-2451-2018-10609.
11. Kardashina VE, Nikolaeva LS. [Competitive test of varieties and lines of oats in the conditions of the Sverdlovsk region]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2019;33(6):26-9. Russian. doi: 10.24411/0235-2451-2019-10606.
12. Yusova OA, Nikolaev PN, Safonova IV, et al. [Changes in the yield and quality of oat grain with an increase in the variety adaptability]. *Trudy po prikladnoi botanike, genetike i selektsii*. 2020;181(2):42-9. Russian. doi: 10.30901/2227-8834-2020-2-42-49.
13. Poonia A, Phogat DS, Versha, et al. Biochemical assessment of oat genotypes revealed variability in grain quality with nutrition and crop improvement implications. *Food Chemistry* [Internet]. 2022 [cited 2023 Apr 7];377: Article 131982. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814621029885>. doi: 10.1016/j.foodchem.2021.131982.