

УДК 633.14:631.52

ВЛИЯНИЕ ГЕНОТИПА И УСЛОВИЙ ВЫРАЩИВАНИЯ ОВСА НА СОДЕРЖАНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ КОМПОНЕНТОВ В ЗЕРНЕ

© С.А. Герасимов^{1*}, В.И. Полонский^{2,3}, А.В. Сумина⁴, Н.А. Сурин¹, А.Г. Липшин¹, С.А. Зюте⁵

¹ Красноярский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – обособленное подразделение ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр СО РАН», пр. Свободный, 66, Красноярск, 660041 (Россия), e-mail: g-s-a2009@yandex.ru

² Красноярский государственный аграрный университет, пр. Мира, 90, Красноярск, 660049 (Россия)

³ Сибирский федеральный университет, пр. Свободный, 79, Красноярск, 660041 (Россия)

⁴ Хакасский государственный университет им. Н.Ф. Катанова, ул. Ленина, 90, Абакан, 655017 (Россия)

⁵ Institute of Agricultural Resources and Economics, Stende Research Centre, Struktoru st. 14, Riga, LV-1039 (Latvia)

С целью изучения влияния генотипа и климатических условий на содержание β-глюкоанов, жира и белка в зерне выращивали образцы овса в условиях Красноярского края и Республики Хакасия в течение трех лет. Объектом служили 1 голозерный и 2 пленчатых образца овса красноярской селекции. Содержание β-глюкоанов и жира измеряли на автоматическом зерновом анализаторе Infratec Analyzer 1241 с использованием 50 мл кюветы. Параллельно стандартными методами измеряли другие химические и физические характеристики зерна овса: содержание белка в зерне, его пленчатость, массу 1000 зерен. Установлено, что пленчатые образцы формировали зерно с содержанием β-глюкоанов в нем около 3%, а голозерный – свыше 4%, при этом обнаружено заметное преимущество голозерного образца по сравнению с пленчатыми в содержании белка и жира в зерне. Выращивание разных образцов овса в двух географических пунктах Восточной Сибири в течение трех лет показало незначительное положительное влияние климатических условий Хакасии на содержание β-глюкоанов в зерне, его крупность и пленчатость и негативное влияние на содержание белка и жира. Сравнение содержания β-глюкоанов и жира в зерне овса трех сортов из двух географических пунктов выявило достоверное влияние генотипа (63.6 и 66.6% соответственно) и незначительное влияние пункта выращивания, а также взаимодействия генотип×пункт. Найдено существование сильных отрицательных связей между массой 1000 зерен и содержанием β-глюкоанов, жира или белка в зерне, а также сильных положительных достоверных связей между содержанием β-глюкоанов и жира в зерне.

Ключевые слова: пленчатый и голозерный овес, зерно, β-глюкоаны белок, жир, масса 1000 зерен, пленчатость.

Введение

Герасимов Сергей Александрович – ведущий научный сотрудник, e-mail: g-s-a2009@yandex.ru

Полонский Вадим Игоревич – доктор биологических наук, профессор, e-mail: vadim.polonskiy@mail.ru

Сумина Алена Владимировна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, e-mail: alenasumina@list.ru

Сурин Николай Александрович – доктор сельскохозяйственных наук, академик РАН, профессор, главный научный сотрудник, e-mail: secretary@sh.krasn.ru

Липшин Алексей Геннадьевич – кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник, e-mail: alipshin@mail.ru

Зюте Санита Алдоновна – ведущий ученый, e-mail: sanita.zute@arei.lv

Продукты, полученные из зерна овса, обладая ценными питательными качествами, широко используются на корм животным и в питании человека [1–3]. Из особых веществ зерна этой сельскохозяйственной культуры можно выделить наличие в нем β-глюкоанов, которые относятся к водорастворимым пищевым волокнам. Эти биологически активные вещества, как известно, способны оказывать профилактическое и лечебное действие на организм человека, снижая уровень холестерина в крови, уменьшая риск сердечно-сосудистых

* Автор, с которым следует вести переписку.

заболеваний и рака толстой кишки, а также облегчая симптомы диабета [4, 5]. В то же время повышенная концентрация β -глюканов в зерне является препятствием для его эффективного усвоения нежвачными животными и отрицательно связана с питательной ценностью корма [6]. Другим важным компонентом зерна овса является содержащееся в нем заметное количество ненасыщенных жирных кислот. К сожалению, сегодня в литературе имеется очень мало информации о содержании β -глюканов и жира в зерне различных образцов овса кормового и пищевого направлений [7], а для сортов, возделываемых в условиях Восточной Сибири, таких сведений практически нет. Поэтому для создания эффективных в рассматриваемом плане сортов овса целесообразно восполнить этот пробел и оценить генетические и климатические компоненты варьирования содержания β -глюканов и жира в зерне.

Цель работы состоит в анализе зависимости содержания β -глюканов и жира в зерне овса от генетических факторов и условий выращивания.

Экспериментальная часть

В качестве объектов исследования использовали 3 сорта овса красноярской селекции: Тубинский, Саян и Голец (табл. 1).

Исследования проводили в 2015-2017 гг. на опытном поле КрасНИИСХ ФИЦ КНЦ СО РАН, расположенном в лесостепной зоне Емельяновского района Красноярского края и на Госсортоучастке, находящемся в степной зоне предгорий Бейского района Республики Хакасия.

Почва первого опытного участка представлена черноземом обыкновенным маломощным, который характеризуется агрохимическими показателями: содержание гумуса (по Тюрину) – 6.00%, реакция почвенного раствора слабокислая (рН – 6.2). Предшественник – чистый пар. Площадь делянки – 1.8 м². Посев проведен в оптимальные для культуры сроки, во вторую декаду мая, уборку образцов осуществляли по мере их созревания. Почва второго опытного участка представляла собой чернозем обыкновенный, с содержанием гумуса 3.8%, реакция почвенного раствора близка к нейтральной (рН – 7.3). Погодные условия в Красноярской лесостепи в годы исследования были контрастными: 2015 г. – засушливый (ГТК – 0.95); 2016 и 2017 гг. – влажные (ГТК – 1.59 и 1.47). Агрометеорологические условия в Бейском районе по годам были схожи: 2015 и 2016 гг. – увлажненные (ГТК – 1.39 и 1.44), а 2017 г. – избыточно влажный (ГТК – 2.06).

В каждом образце зерна определяли его физические и химические характеристики: массу 1000 зерен по методике ВИР [8], значение пленчатости в соответствии со стандартной методикой [9], содержание белка по Кьельдалю, содержание жира и β -глюканов на автоматическом зерновом анализаторе Infratec Analyzer1241 [10] с использованием 50 мл кюветы. Компания ООО EIRA (официальный представитель FOSS Analytical Ltd. в Латвии) разработала калибровочную модель для определения β -глюканов в зерне. Данные из 150 образцов зерна зерновых культур, проанализированные методами АОАС 995.16 и ICC № 168 для β -глюкана (Megasyne), были использованы для разработки модели калибровки. Калибровочная модель регулируется ежегодно с дополнительными 20–30 данными по эталонному методу. Стандартная ошибка измерения на приборе составляла 0.3% [11]. Повторность определения каждого показателя 2–3-кратная.

Статистическую обработку полученных данных проводили общепринятыми методами с помощью стандартных компьютерных программ Microsoft Excel. Достоверность результатов оценивали по t-критерию Стьюдента при $p \leq 0.05$.

Таблица 1. Характеристика образцов овса, используемых в работе

№ каталога ВИР	Название образцов	Ботаническая разновидность	Тип зерновки	Происхождение
15008	Тубинский	mutica	Пленчатый	Красноярский край
14043	Саян	aurea	Пленчатый	Красноярский край
15067	Голец	inermis	Голозерный	Красноярский край

Обсуждение результатов

В работе было впервые измерено определено содержание β -глюканов в зерне образцов овса, выращенных в условиях Восточной Сибири. Судя по данным, представленным в таблице 2, пленчатые образцы образовывали зерно с достоверно меньшим содержанием β -глюканов по сравнению с голозерной формой. У всех образцов овса, выращенного в условиях Хакасии, отмечена тенденция большего содержания β -глюканов в зерне по сравнению с условиями Красноярского края, но достоверных различий в этом показателе обнаружено не было. Как видно из рисунка 1, сравнение содержания β -глюканов в зерне овса трех сортов из

двух географических пунктов выявило значимое влияния генотипа – 63.6%, и несущественное пункта выращивания, а также взаимодействия генотип×пункт (4.9 и 1.2% соответственно). Случайные факторы составили 30.3%.

Как следует из результатов, приведенных в таблице 2, у пленчатых образцов зерно имело существенно меньшее содержание жира по сравнению с голозерной формой. У двух образцов овса Тубинский и Голец, выращенных в Красноярском крае, содержание жира в зерне значимо превысило таковое для условий Хакасии. Сравнение содержания жира в зерне трех сортов овса из двух разных мест выращивания, выявило основное влияние генотипа (66.6%) и меньшее географического пункта (20.5%) (рис. 2). Доля влияния случайных факторов составила около 9%.

В процессе выполнения комплексных исследований образцов овса было измерено содержание другого важного химического вещества в зерне – белка (табл. 2). В наших опытах содержание белка было значимо ниже у пленчатых форм, чем у голозерного образца. У овса, выращенного в условиях Хакасии, содержание белка в зерне было ниже такового из Красноярского края, при этом достоверные отличия были отмечены только у сорта Саян.

В таблице 2 приведены физические характеристики образцов овса. Можно видеть, что по массе 1000 зерен имели существенное преимущество пленчатые формы. У овса, выращенного в разных географических пунктах, сорта по этому показателю статистически между собой не различались. Значение пленчатости зерна овса практически не зависело ни от сорта, ни от условий выращивания и составляло 24.8–26.6%.

В таблице 3 представлены результаты вычисления коэффициентов корреляции между различными показателями качества зерна у образцов овса, выращенных в двух географических пунктах. Прежде всего, следует подчеркнуть наличие сильных ($|r| > 0.7$) отрицательных и положительных корреляционных зависимостей между всеми показателями. Выявлена существенная отрицательная связь между массой 1000 зерен и содержанием β -глюканов, жира или белка, а также положительная связь между всеми указанными биохимическими признаками. При этом одновременно для условий Красноярского края и Республики Хакасии связи были достоверными лишь между содержанием β -глюканов и жира в зерне.

Таблица 2. Биохимические и физические показатели зерна образцов овса, выращенных в двух географических пунктах. Средние данные за 3 года

Название образца	Содержание β -глюканов, %	Содержание жира, %	Содержание белка, %	Масса 1000 зерен, г	Пленчатость, %
Красноярский край					
Тубинский	2.9±0.2 а*	4.6±0.1 а	12.5±0.6 а	34.5±2.0 аб	26.6±1.2 а
Саян	3.0±0.1 а	4.6±0.1 а	12.7±0.2 а	36.8±2.2 а	26.5±0.7 а
Голец	4.1±0.3 б	7.3±0.4 г	16.7±0.9 в	28.1±0.7 б	–
Среднее	3.3±0.4 а	5.5±0.9 ав	13.9±1.4 а	33.1±2.6 а	26.6 а
Республика Хакасия					
Тубинский	3.1±0.4 а	3.5±0.2 б	11.3±0.4 аб	38.4±0.9 а	24.3±0.6 а
Саян	3.2±0.1 а	4.0±0.5 абв	10.4±0.2 б	38.8±0.5 а	25.4±0.7 а
Голец	4.6±0.4 б	5.5±0.2 в	16.2±1.3 в	31.0±6.4 б	–
Среднее	3.7±0.5 а	4.3±0.6 аб	12.6±0.3 а	36.1±2.5 а	24.8 а

*Средняя арифметическая величина и ошибка средней, значения в строках с разными буквами различаются существенно между собой в пределах каждой колонки по t-критерию при $p \leq 0.05$.

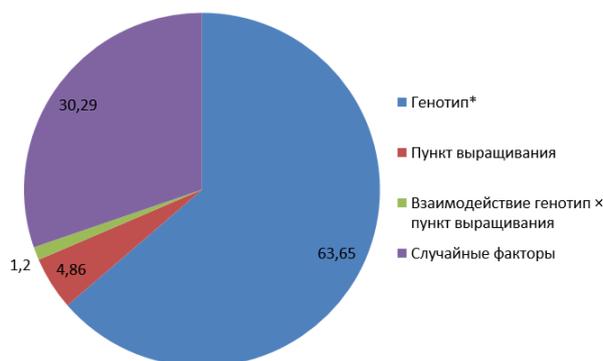


Рис. 1. Влияние генотипа и условий выращивания на содержание β -глюканов в зерне овса. Средние данные для трех сортов за три года

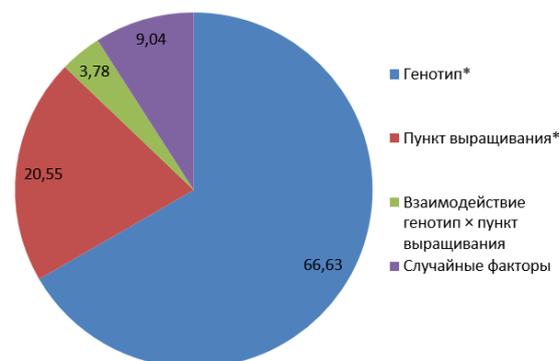


Рис. 2. Влияние генотипа и условий выращивания на содержание жира в зерне овса. Средние данные для трех сортов за три года

Таблица 3. Значения коэффициентов корреляции между показателями качества зерна образцов овса, выращенных в двух географических пунктах. Средние данные за 3 года

Показатели зерна	Масса 1000 зерен	Содержание жира	Содержание белка	Содержание β -глюканов
Масса 1000 зерен	–			
Содержание жира	-0.972/-0.960	–		
Содержание белка	-0.955/-0.943	0.998*/0.813	–	
Содержание β -глюканов	-0.933/-0.994*	0.991*/0.984*	0.998*/0.902	–

Числитель – Красноярский край; знаменатель – Республика Хакасия; *значимость коэффициентов корреляции статистически доказана по t-критерию при $p \leq 0.05$.

Обсуждение результатов

При выращивании овса в Красноярском крае и Республике Хакасии в течение трех лет найденное различие в содержании β -глюканов в зерне между пунктами составило в среднем несущественную величину, хотя у каждого сорта этот показатель был выше для условий Хакасии. Голозерный образец характеризовался более высоким содержанием β -глюканов в зерне по сравнению с пленчатыми. В литературе также показано более высокое значение этого биохимического показателя в зерне у голозерных образцов овса [11, 12]. Сопоставление данных по содержанию β -глюканов в зерне у образцов из двух географических пунктов выявило значимое влияния генотипа, что подтвердило результаты, полученные в иных условиях другими авторами [13–15]. Существенная степень зависимости этого биохимического показателя от генотипа может означать высокую вероятность успешной селекции на данный качественный признак овса [16, 17]. Доля влияния пункта выращивания на содержание β -глюканов в зерне оказалась крайне низкой, что может свидетельствовать о слабой зависимости содержания β -глюканов в зерне от климатических условий его формирования в Восточной Сибири. По величине указанная доля практически совпала с результатами исследований зарубежных авторов [18], которые установили малый эффект экологического фактора на содержание β -глюканов в зерне овса, в пределах 3.8–5.3%. В тоже время в литературе имеются данные о значимом влиянии климатических и погодных условий выращивания овса на содержание β -глюканов в зерне [19, 20].

В наших опытах значение содержания жира и белка в зерне было существенно ниже у пленчатых форм, чем у голозерного образца, что подтверждает полученные ранее результаты другими авторами [21]. Каждый образец овса, выращенный в условиях Хакасии, характеризовался зерном с меньшим содержанием жира и белка по сравнению с Красноярским краем. При этом различия статистически доказаны не были. Сравнение содержания жира в зерне трех сортов овса, выращенных в двух разных пунктах, выявило значимое влияния генотипа на этот качественный признак.

Условия выращивания овса в Республике Хакасия по сравнению с Красноярским краем способствовали формированию лучших физических характеристик зерна (статистически не доказанной большей его крупности и меньшей пленчатости). При этом отставание в массе зерна было связано только с отсутствием у него пленок. Так, средняя масса 1000 зерен пленчатых форм превышала данный показатель у голозерного образца на 26.9 и 24.5%, при этом средняя доля пленок составляет 26.6 и 24.8% (соответственно, для условий Красноярского края и Республики Хакасия). Как известно, масса 1000 зерен и уровень их пленчатости определяет технологические и питательные свойства зерна овса [22].

В работе было установлено наличие сильной отрицательной связи между массой 1000 зерен с одной стороны и содержанием рассматриваемых химических веществ в зерне с другой. Кроме того, у овса из обоих пунктов выращивания было найдено существование сильной положительной достоверной связи между содержанием β -глюканов и жира в зерне. Этим результатом был подтвержден недавно обнаруженный одним из наших соавторов аналогичный эффект при культивировании различных сортов овса в условиях Европы [23]. По-видимому, концентрация жира может служить косвенным индикатором содержания β -глюканов в зерне, несмотря на то, что оба биохимических компонента имеют разный механизм накопления [24], а динамика накопления β -глюканов в период формирования зерновки отличается от таковой для других биохимических компонентов [25].

Выводы

Таким образом, выращивание разных образцов овса в двух географических пунктах Восточной Сибири в течение трех лет выявило значимое влияния генотипа на содержание β -глюканов и жира в зерне.

Показано слабое влияние климатических условий на биохимические (содержание β -глюкоанов, жира и белка в зерне) и физические (крупность и пленчатость зерна) показатели качества зерна овса. Установлена сильная отрицательная связь массы 1000 зерен с содержанием β -глюкоанов, жира и белка в зерне, а также существенная положительная связь между содержанием β -глюкоанов и жира в зерне. Подтверждено заметное преимущество голозерного образца по сравнению с пленчатыми в содержании β -глюкоанов, жира и белка в зерне.

Список литературы

1. Лоскутов И.Г., Полонский В.И. Селекция на содержание β -глюкоанов в зерне овса как перспективное направление для получения продуктов здорового питания, сырья и фуража // Сельскохозяйственная биология. 2017. Т. 52. С. 646–657. DOI: 10.15389/agrobiology.2017.4.///rus.
2. Arendt E.K., Zannini E. Oats // Cereal grains for the food and beverage industries. Woodhead Publishing, 2013. Pp. 243–282.
3. Shewry P.R., Piironen V., Lampi A.-M., Nyström L., Li L., Rakszegi M., Fraš A., Boros D., Gebruers K., Courtin C.M., Delcour J.A., Anderson A.A., Dimberg L., Bedö Z., Ward J.L. Phytochemical and fiber components in oat varieties in the HEALTHGRAIN Diversity Screen // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2008. Vol. 56(21). Pp. 9777–9784. DOI: 10.1021/jf801880d.
4. Brownlee I.A. The physiological roles of dietary fibre // Food Hydrocolloids. 2011. Vol. 25(2). Pp. 238–250.
5. Harland J. Authorised EU health claims for barley and oat beta-glucans // Foods, nutrients and food ingredients with authorised EU health claims. Woodhead Publishing, 2014. Pp. 25–45.
6. Shivus B., Gullord M. Effect of chemical content and physical characteristics on nutritional value of wheat, barley and oats for poultry // Animal Feed Science and Technology. 2002. Vol. 102(1–4). Pp. 71–92. DOI: 10.1016/S0377-8401(02)00254-7.
7. Loskutov I.G., Polonskiy V.I. Content of beta-glucans in oat grain as a perspective direction of breeding for health products and fodder // Agricultural biology. 2017. Vol. 52(4). Pp. 646–657. DOI: 10.15389/agrobiology.2017.4.
8. Лоскутов И.Г., Ковалева О.Н., Блинова Е.В. Методические указания по изучению и сохранению мировой коллекции ячменя и овса. Санкт-Петербург, 2012. 64 с.
9. ГОСТ 10843-76. Зерно. Методы анализа: Сб. ГОСТов. М., 2001. 5 с.
10. Munck L. The revolutionary aspect of exploratory chemometric technology. Denmark, 2005. P. 352.
11. Полонский В.И., Сурин Н.А., Герасимов С.А., Липшин А.Г., Сумина А.В., Зюте С. Изучение сортов овса (*Avena sativa* L.) различного географического происхождения по качеству зерна и продуктивности // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2019. Т. 23(6). С. 683–690. DOI: 10.18699/VJ19.541.
12. Havrlentová M., Bielíková M., Mendel L., Kraic J., Hozlár P. The correlation of (1-3)(1-4)- β -D-glucan with some qualitative parameters in oat grain // Agriculture. 2008. Vol. 54(2). Pp. 65–71.
13. Saastamoinen M., Plaami S., Kumpulainen J. Genetic and environmental variation in β -glucan content of oats cultivated or tested in Finland // Journal of Cereal Science. 1992. Vol. 16(3). Pp. 279–290. DOI: 10.1016/S0733-5210(09)80090-8.
14. Miller S.S., Vincent D.J., Weisz J., Fulcher R.G. Oat beta-glucans: an evaluation of eastern Canadian cultivars and unregistered lines // Canadian Journal of Plant Science. 1993. Vol. 73(3). Pp. 429–436.
15. Redaelli R., Sgrulletta D., Scalfati G., De Stefanis E., Cacciatori P. Naked Oats for Improving Human Nutrition: Genetic and Agronomic Variability of Grain Bioactive Components // Crop Science. 2009. Vol. 49(7). Pp. 1431–1437.
16. Redaelli R., Frate V.D., Bellato S., Terracciano G., Ciccioritti R., Germeier C.U., Stefanis E.D., Sgrulletta D. Genetic and environmental variability in total and soluble β -glucan in European oat genotypes // Journal of Cereal Science. 2013. Vol. 57(2). Pp. 193–199. DOI: 10.1016/j.jcs.2012.09.003.
17. Chernyshova A.A., White P.J., Scott M.P., Jannink J.L. Selection for nutrition function and agronomic performance in oat // Crop Science. 2007. Vol. 47. Pp. 2330–2339.
18. Fox G.P., Osborne B., Bowman J., Kelly A., Cakir M., Poulsen D., Inkerman A., Henry R. Measurement of genetic and environmental variation in barley (*Hordeum vulgare*) grain hardness // Journal of Cereal Science. 2007. Vol. 46(1). Pp. 82–92.
19. Uhlen A.K., Holtekjølen A.K., Sahlström S., Assveen M. Mixed linked (1-3)(1-4)- β -D-glucans in barley and oat varieties grown in contrasting environments // Proc. 32nd Nordic Cereal Congress. Espoo, 2015. P. 56.
20. Brunner B.R., Freed R.D. Oat grain beta-glucan content as affected by nitrogen level, location and year // Crop Science. 1994. Vol. 34(2). Pp. 473–476.
21. Lee C.J., Horsley R.D., Manthey F.A., Schwarz P.B. Comparison of β -glucan content of barley and oat // Cereal Chemistry. 1997. Vol. 74(3). Pp. 571–575.
22. Biel W., Bobko K., Maciorowski R. Chemical composition and nutritive value of husked and naked oats grain // Journal of Cereal Science. 2009. Vol. 49(3). Pp. 413–418. DOI: 10.1016/j.jcs.2009.01.003.
23. Баталова Г.А. Перспективы и результаты селекции голозерного овса // Зерновое хозяйство. 2014. №2(10). С. 64–69.
24. Zute S., Loskutov I., Vicipe Z. Assessment of oat genotypes according to the characteristics determining the nutritional grain quality // The 10th International Oat Conference: Innovation for Food and Health Abstracts of oral and poster presentation. Saint Petersburg, 2016. Pp. 177–178.

25. Kibite S., Edney M.J. The inheritance of beta-glucan concentration in an oat (*Avena sativa* L.) cross. // Proc. 5th Inter. Oat Conference. Saskatoon, 1996. Vol. 2. Pp. 77–79.
26. Cox T.S., Frey K.J. Complementarity of genes for high groat-protein percentage from *Avena sativa* L. and *A. sterilis* L. // Crop Science. 1985. Vol. 25(1). Pp. 106–109.

Поступила в редакцию 2 мая 2019 г.

После переработки 19 декабря 2019 г.

Принята к публикации 25 декабря 2019 г.

Для цитирования: Герасимов С.А., Полонский В.И., Сумина А.В., Сурин Н.А., Липшин А.Г., Зюте С.А. Влияние генотипа и условий выращивания овса на содержание биологически активных компонентов в зерне // Химия растительного сырья. 2020. №2. С. 65–71. DOI: 10.14258/jcrpm.2020025515.

Gerasimov S.A.^{1}, Polonskiy V.I.^{2,3}, Sumina A.V.⁴, Surin N.A.¹, Lipshin A.G.¹, Zyute S.A.⁵ THE INFLUENCE OF GENOTYPE AND CULTIVATION CONDITIONS OF OATS IN THE CONTENTS OF BIOLOGICALLY ACTIVE COMPONENTS IN GRAIN*

¹ Krasnoyarsk Research Institute of Agriculture - Division of Federal Research Center "Krasnoyarsk Scientific Center of the SB RAS", pr. Svobodnyy, 66, Krasnoyarsk, 660041 (Russia), e-mail: g-s-a2009@yandex.ru

² Krasnoyarsk State Agrarian University, pr. Mira, 90, Krasnoyarsk, 660049 (Russia)

³ Siberian Federal University, pr. Svobodnyy, 79, Krasnoyarsk, 660041 (Russia)

⁴ Khakass State University named after N.F. Katanova, ul. Lenina, 90, Abakan, 655017 (Russia)

⁵ Institute of Agricultural Resources and Economics, Stende Research Centre, Struktoru st. 14, Riga, LV-1039 (Latvia)

With the aim of studying the influence of genotype and climatic conditions on the content of β -glucans, fat and protein in grain, oat samples were grown in the Krasnoyarsk territory region and the Republic of Khakassia for three years. The object was 1 naked and 2 husked samples of oats of Krasnoyarsk selection. The content of β -glucans and fat was measured on an automatic grain analyzer Infratec Analyzer 1241 using 50 ml cuvette. In parallel, standard methods were used to measure other chemical and physical characteristics of oat grain: protein content in the grain, its filminess, weight of 1000 grains. It was found that the husked samples formed a grain with a content of β -glucan in it about 3% and naked over 4%, while a noticeable advantage of the naked sample compared with the husked in the content of protein and fat in the grain was found. Cultivation of different oat samples in two geographical areas of Eastern Siberia for three years showed insignificant positive impact of climatic conditions of Khakassia on the content of β -glucans in grain, its size and filthiness and negative impact on fat and protein content. Comparison of the content of β -glucans and fat in oat grain of three varieties from two geographical points revealed a significant effect of the genotype (63.6 and 66.6%, respectively) and a slight influence of the point of cultivation, as well as the interaction of the genotype \times point. The existence of strong negative links between the weight of 1000 grains and the content of β -glucans, fat or protein in the grain, as well as strong positive reliable links between the content of β -glucans and fat in the grain.

Keywords: husked and naked oats, β -glucans, protein, fat, grain, 1000 grain weight.

* Corresponding author.

References

1. Loskutov I.G., Polonskiy V.I. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya*, 2017, vol. 52, pp. 646–657. DOI: 10.15389/agrobi-ology.2017.4.///rus. (in Russ.).
2. Arendt E.K., Zannini E. *Cereal grains for the food and beverage industries*. Woodhead Publishing, 2013, pp. 243–282.
3. Shewry P.R., Piironen V., Lampi A.-M., Nyström L., Li L., Rakszegi M., Fraš A., Boros D., Gebruers K., Courtin C.M., Delcour J.A., Anderson A.A., Dimberg L., Bedö Z., Ward J.L. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2008, vol. 56(21), pp. 9777–9784. DOI: 10.1021/jf801880d.
4. Brownlee I.A. *Food Hydrocolloids*, 2011, vol. 25(2), pp. 238–250.
5. Harland J. *Foods, nutrients and food ingredients with authorised EU health claims*. Woodhead Publishing, 2014, pp. 25–45.
6. Shivus B., Gullord M. *Animal Feed Science and Technology*, 2002, vol. 102(1–4), pp. 71–92. DOI: 10.1016/S0377-8401(02)00254-7.
7. Loskutov I.G., Polonskiy V.I. *Agricultural biology*, 2017, vol. 52(4), pp. 646–657. DOI: 10.15389/agrobi-ology.2017.4.
8. Loskutov I.G., Kovaleva O.N., Blinova Ye.V. *Metodicheskiye ukazaniya po izucheniyu i sokhraneniyu mirovoy kolleksii yachmenya i ovsa*. [Guidelines for the study and preservation of the world collection of barley and oats]. St. Petersburg, 2012, 64 p. (in Russ.).
9. *GOST 10843-76. Zerno. Metody analiza: Sbornik GOSTov*. [GOST 10843-76. Corn. Analysis methods: Collection of GOSTs]. Moscow, 2001, 5 p. (in Russ.).
10. Munck L. *The revolutionary aspect of exploratory chemometric technology*. Denmark, 2005, p. 352.
11. Polonskiy V.I., Surin N.A., Gerasimov S.A., Lipshin A.G., Sumina A.V., Zyute S. *Vavilovskiy zhurnal genetiki i selektsii*, 2019, vol. 23(6), pp. 683–690. DOI: 10.18699/VJ19.541. (in Russ.).
12. Havrlentová M., Bieliková M., Mendel L., Kraic J., Hozlár P. *Agriculture*, 2008, vol. 54(2), pp. 65–71.
13. Saastamoinen M., Plaami S., Kumpulainen J. *Journal of Cereal Science*, 1992, vol. 16(3), pp. 279–290. DOI: 10.1016/S0733-5210(09)80090-8.
14. Miller S.S., Vincent D.J., Weisz J., Fulcher R.G. *Canadian Journal of Plant Science*, 1993, vol. 73(3), pp. 429–436.
15. Redaelli R., Sgrulletta D., Scalfati G., De Stefanis E., Cacciatori P. *Crop Science*, 2009, vol. 49(7), pp. 1431–1437.
16. Redaelli R., Frate V.D., Bellato S., Terracciano G., Ciccoritti R., Germeier C.U., Stefanis E.D., Sgrulletta D. *Journal of Cereal Science*, 2013, vol. 57(2), pp. 193–199. DOI: 10.1016/j.jcs.2012.09.003.
17. Chernyshova A.A., White P.J., Scott M.P., Jannink J.L. *Crop Science*, 2007, vol. 47, pp. 2330–2339.
18. Fox G.P., Osborne B., Bowman J., Kelly A., Cakir M., Poulsen D., Inkerman A., Henry R. *Journal of Cereal Science*, 2007, vol. 46(1), pp. 82–92.
19. Uhlen A.K., Holtekjølen A.K., Sahlström S., Assveen M. *Proc. 32nd Nordic Cereal Congress*. Espoo, 2015, p. 56.
20. Brunner B.R., Freed R.D. *Crop Science*, 1994, vol. 34(2), pp. 473–476.
21. Lee C.J., Horsley R.D., Manthey F.A., Schwarz P.B. *Cereal Chemistry*, 1997, vol. 74(3), pp. 571–575.
22. Biel W., Bobko K., Maciorowski R. *Journal of Cereal Science*, 2009, vol. 49(3), pp. 413–418. DOI: 10.1016/j.jcs.2009.01.003.
23. Batalova G.A. *Zernovoye khozyaystvo*, 2014, no. 2(10), pp. 64–69. (in Russ.).
24. Zute S., Loskutov I., Vicupe Z. *The 10th International Oat Conference: Innovation for Food and Health Abstracts of oral and poster presentation*. Saint Petersburg, 2016, pp. 177–178.
25. Kibite S., Edney M.J. *Proc. 5th Inter. Oat Conference*. Saskatoon, 1996, vol. 2, pp. 77–79.
26. Cox T.S., Frey K.J. *Crop Science*, 1985, vol. 25(1), pp. 106–109.

Received May 2, 2019

Revised December 19, 2019

Accepted December 25, 2019

For citing: Gerasimov S.A., Polonskiy V.I., Sumina A.V., Surin N.A., Lipshin A.G., Zyute S.A. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2020, no. 2, pp. 65–71. (in Russ.). DOI: 10.14258/jcprm.2020025515.

