

Дмитрий Иванович Еремин<sup>1✉</sup>, Анна Валерьевна Любимова<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>НИИ сельского хозяйства Северного Зауралья – филиал Тюменского научного центра СО РАН, пос. Московский, Тюменская область, Россия

<sup>1</sup>soil-tyumen@yandex.ru

<sup>2</sup>ostapenkoav88@yandex.ru

## ПОИСК ПЕРСПЕКТИВНЫХ ГЕНОТИПОВ ДЛЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ ЛИПИДНОГО КОМПЛЕКСА В ЗЕРНЕ ПРИ НАПРАВЛЕННОЙ СЕЛЕКЦИИ ОВСА ЦЕЛЕВОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Цель исследования – оценка коллекции пленчатого и голозерного овса по содержанию масла для выявления перспективных родительских форм при направленной селекции. Исследования проводили на опытном поле, расположенном в северной лесостепи Зауралья. Коллекция представлена 106 генотипами отечественной и иностранной селекции, из которых 80 относились к пленчатому подвиду, 26 – к голозерному. В зерне голозерных образцов содержание масла варьирует от 4,4 до 8,7 %, тогда как у пленчатых – 3,3–7,4 %. Минимальное содержание масла было зафиксировано у голозерных форм: Large hullless × Red rustproof, Сибирский голозерный, Numbat, Sallust, Помор – в среднем 4,4–4,7 %. Среди пленчатых генотипов выделены Маршал, Фома, Премьер, Эклипс, Уралец, Памяти Богачкова, Атлет, Сибирский кормовой, у которых содержание масла было в пределах 3,3–4,1 %. Перечисленные генотипы характеризовались минимальной вариабельностью содержания масла в зерне по годам, что делает их перспективными для селекции, направленной на создание новых сортов продовольственного назначения. В изучаемой коллекции были отмечены генотипы с максимальным содержанием масла в зерне. Среди голозерных это Самсон 57, Азиль, Тайдон, Вятский голозерный – содержание липидов в зерне было максимальным – 7,7–8,7 %. Среди пленчатых: FF 64-74, Wandering, Grajcar, Львовский 82, Корифей, Slawko, PJ 244467, Vista, Улов, Pс 96, AC Rebel, Петрович – содержание масла варьировало от 5,6 до 7,4 %. Данные генотипы перспективны для селекции сортов овса зернофуражного направления.

**Ключевые слова:** селекция овса, липидный комплекс, продовольственное зерно, родительские пары, коллекция генотипов овса, голозерный и пленчатый овес

**Для цитирования:** Еремин Д.И., Любимова А.В. Поиск перспективных генотипов для регулирования липидного комплекса в зерне при направленной селекции овса целевого назначения // Вестник КрасГАУ. 2024. № 11. С. 39–48. DOI: 10.36718/1819-4036-2024-11-39-48.

**Благодарности:** работа выполнена в рамках Государственного задания FWRZ-2024-0004 и при поддержке Западно-Сибирского межрегионального научно-образовательного центра мирового уровня.

Dmitry Ivanovich Eremin<sup>1✉</sup>, Anna Valerievna Lyubimova<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Research Institute of Agriculture of the Northern Trans-Urals – branch of the Tyumen Scientific Center of the Siberian Branch of the RAS, Moskovsky settlement, Tyumen Region, Russia

<sup>1</sup>soil-tyumen@yandex.ru

<sup>2</sup>ostapenkoav88@yandex.ru

## SEARCH FOR PROMISING GENOTYPES TO REGULATE LIPID COMPLEX IN GRAIN DURING TARGETED OAT BREEDING

The aim of the study is to evaluate the collection of hulled and naked oats for oil content to identify promising parental forms for targeted selection. The studies were conducted on an experimental field located in the northern forest-steppe of the Trans-Urals. The collection was represented by 106 genotypes of domestic and foreign selection, of which 80 belonged to the hulled subspecies, 26 to the naked one. In the grain of naked samples, the oil content varies from 4.4 to 8.7 %, while in hulled ones it is 3.3–7.4 %. The minimum oil content was recorded in the naked forms: Large hullless × Red rustproof, Sibirskij golozernyj, Numbat, Sallust, Pomor – an average of 4.4–4.7 %. Among the filmy genotypes, the following were distinguished: Marshal, Foma, Prem'er, Eklips, Uralec, Pamyati Bogachkova, Atlet, Sibirskij kormovoj, which had oil content within 3.3–4.1 %. The listed genotypes were characterized by minimal variability of oil content in grain over the years, which makes them promising for breeding aimed at creating new varieties for food purposes. In the studied collection, genotypes with the maximum oil content in grain were noted. Among the naked varieties, these are Samson 57, Azil', Tajdon, Vyatskij golozernyj – the lipid content in the grain was maximum – 7.7–8.7 %. Among the hulled varieties: FF 64-74, Wandering, Grajcar, L'govskij 82, Korifej, Slawko, PJ 244467, Vista, Ulov, Pc 96, AC Rebel, Petrovich – the oil content varied from 5.6 to 7.4 %. These genotypes are promising for breeding oat varieties for grain feed.

**Keywords:** oat breeding, lipid complex, food grain, parental pairs, oat genotype collection, naked and hulled oats

**For citation:** Eremin D.I., Lyubimova A.V. Search for promising genotypes to regulate lipid complex in grain during targeted oat breeding // Bulliten KrasSAU. 2024;(11): 39–48 (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2024-11-39-48.

**Acknowledgments:** the work was carried out within the framework of the State Task FWRZ-2024-0004 and with the support of the West Siberian Interregional Scientific and Educational Center of World Class.

**Введение.** Ни одна зерновая культура не имеет столь яркой истории, как овес. Первые упоминания об использовании овса человеком отмечены за 1000 лет до нашей эры в Юго-Восточной Европе и Малой Азии [1]. В южных странах его применяли исключительно в смеси с другими видами злаков для корма животных. В то же время для людей, проживающих в умеренных широтах, он стал основным продуктом питания. Благодаря уникальному биохимическому составу овес в последние десятилетия вновь перешел из категории зернофуражных культур в продовольственную, а чуть позже прочно обосновался в диетическом питании. В ходе вековой селекции в зерне овса стало существенно больше протеина, масла, крахмала и других веществ [2, 3]. Это было крайне важно при формировании устойчивой кормовой базы для сельскохозяйственных животных и птицы. Но сорта зернофуражного или универсального направления в крупяной промышленности оказались малоэффективными, а в отдельных случаях вредными. Размол зерна или его плющение (дробление) с последующим хранением приводит к изменению липидного комплекса. Во время его гидролиза преимущест-

венно образуются олеиновая, линолевая и ле-ноленовая кислоты, входящие в группу ненасыщенных жирных кислот. Наличие в них двух и более двойных связей приводит к окислению жирных кислот при хранении муки или крупы. Помимо этого, образуются новые жирные кислоты с короткими углеродными остатками – происходит «гидролитическое прогоркание» [4]. В итоге продукция, в которой используется овес, приобретает неприятный запах и горьковатый вкус, который люди воспринимают как сигнал испорченного продукта. Для выявления степени прогоркания технологи стали использовать новый показатель – кислотное число жира (ГОСТ 31700-2012), который характеризует степень гидролиза липидов при переработке и хранении муки или крупы [5, 6]. Как показала практика, сохранение свежести муки и крупы из зерна овса – достаточно трудная в технологическом отношении задача. Предлагаемые методы изоляции сырья от кислорода по факту невыполнимые, поскольку трансформация липидного комплекса начинается с начала переработки зерна. Одним из путей решения данной проблемы является понижение содержания масла в зерне овса. По этому пути пошли селекционеры из

Евросоюза, которые четко дифференцировали создаваемые сорта по функциональности: зернофуражные – с высоким содержанием масла (более 6 %); диетические и продовольственные – с низким (менее 5 %) [7]. Для создания сортов с низким содержанием масла необходимо провести оценку масличности образцов коллекции, сформировать родительские пары с необходимыми хозяйственными свойствами и получить перспективные селекционные линии. При этом на этапе подбора родительских генотипов и в ходе отборов необходим контроль содержания масла в зерне и тщательная браковка неподходящих генотипов.

**Цель исследований** – анализ коллекции образцов овса и выявление генотипов с контрастным содержанием масла в зерне для последующей направленной селекции в Западной Сибири.

**Объекты и методы.** Исследования проводили в 2021–2023 гг. на опытном поле Научно-исследовательского института сельского хозяйства Северного Зауралья, которое расположено в северной лесостепи Тюменской области, вблизи пос. Московский Тюменского района. Почва – темно-серая лесная оподзоленная (по

классификации WRB от 2022 г. – Luvic Retic Greyzemic Phaeozems) [8]. Почва характеризовалась тяжелосуглинистым, иловато-пылеватым гранулометрическим составом. Содержание нитратного азота (ГОСТ 53219-2008) в слое 0–40 см до 5,0 мг/кг (очень низкая обеспеченность); подвижного фосфора (ГОСТ 26204-91) – 80–85 мг/кг (средняя обеспеченность); калия (ГОСТ 26204-91) – 100–110 мг/кг (повышенная). Содержание почвенного органического вещества (ГОСТ 23740-2016) – 7,5 % от массы почвы. По морфогенетическим признакам и агрофизическим, агрохимическим свойствам данная почва соответствует зональному подтипу [9].

Для изучения содержания масла в зерне были отобраны 106 генотипов овса с максимальным географическим охватом, из них 54 были отечественной селекции (табл. 1). На долю голозерных приходилось 26 сортов, пленчатых – 80. В качестве стандартов использовали сорта селекции НИИСХ Северного Зауралья, которые в настоящее время районированы и активно выращиваются в России. Для пленчатых генотипов стандартом является сорт Отрада (к-15380) [10–12]; для голозерных – Тюменский голозерный (к-14784) [13, 14].

Таблица 1

**Перечень сортов пленчатого и голозерного овса**

Тип зерна	Название сорта (генотипа)
Голозерные	Brighton; Jzau; Large hullless x Red rustproof; Laurel (154); MF 9224-164; MF 9521-281; MF9714-32; NC Hullless; Numbat; Polard; RA 8098-9033; Sallust; Short Rachillas; Азиль; Вятский голозерный; Гаврош; Голец; Королек; Першерон; Помор; Прогресс; Самсон 57; Сибирский голозерный; Смачный (Скарб); Тайдон; Тюменский голозерный
Пленчатые	AC Rebel; Atego; Aurom; Borrus; C.I. 9271; Effektiv; Ensiler; FF 64-74; Grajcar; Hondai 8473; JL 85-1538; Komes; Monida; Neklan Ozon; Palini; Pc 96; PJ 244467; R0 ABDH; Riby A; Rodgers; Sang; Slawko; Vista; Wandering; Аватар; Аргмак; Аргумент; Асоль; Атлет; Борец; Борот; Буланный; Дедал; Иртыш 13; Иртыш 21; Иртыш 22; Козырь; Конкур; Корифей; Кречет; Лев; Львовский; Львовский 82; Львовский 9; Маршал; Медведь; Мутика 556; Орион; Отрада; Памяти Богачкова; Пегас; Песец; Петрович; Премьер; Ровесник; Сапсан; Саян; Сибирский кормовой; СИГ; Скаун; Скороспелый; Стайер; Талисман; Тарский 2; Тигровый; Тубинский; Тулунский 19; Улов; Уралец; Уран; Факел; Факир; Фобос; Фома; Фристайл; Чиж; Эклипс; Экспресс; Яков

Изучение содержания масла в зерне овса проходило в 2021–2023 гг., погодные условия которых существенно отличались друг от друга и среднемноголетних значений (табл. 2). Вегетационный период 2021 г. характеризовался как аномально жаркий и сухой. Высокая температу-

ра воздуха держалась на протяжении всей вегетации зерновых культур, а осадки выпали преимущественно во второй половине вегетации. Гидротермический коэффициент Селянинова первой половины вегетации овса составлял 0,06–0,84 ед., тогда как среднемноголетний по-

казатель – 1,09–1,58 ед. Средняя температура воздуха в период налива и созревания зерна в 2021 г. составила 20 °С, что на 5 градусов выше среднемноголетних значений.

В 2022 г. весенние полевые работы сопровождались частыми дождями при умеренной

температуре воздуха. После посева коллекции сразу прошли обильные дожди, которые обеспечили всходы водой вплоть до цветения. Налив и созревание овса проходили при повышенной температуре, что обеспечило благоприятные условия для уборки урожая.

Таблица 2

## Погодные условия в межфазные периоды развития овса

Период развития овса	Средне-многолетнее			2021 г.			2022 г.			2023 г.		
	Т	О	ГТК	Т	О	ГТК	Т	О	ГТК	Т	О	ГТК
Посев – всходы	12	15	1,13	20	1	0,06	13	20	5,21	15	2	0,07
Всходы – кущение	16	31	1,11	20	14	0,09	16	43	1,23	22	3	0,13
Кущение – выход в трубку	18	45	1,09	21	33	0,70	16	25	1,76	14	56	4,10
Выход в трубку – выметывание	19	64	1,58	26	26	0,84	21	56	1,78	24	0	0,00
Выметывание – молочная спелость	17	37	1,24	21	13	0,30	18	54	1,22	12	16	1,27
Молочная спелость – полная спелость	15	17	1,64	20	7	0,56	19	2	0,76	12	6	0,50

Примечание: Т – средняя температура воздуха, °С; О – осадки, мм; ГТК – гидротермический коэффициент Селянинова.

Вегетационный период 2023 г. был схож с 2021 г. Однако он был еще более сухой и жаркий, о чем свидетельствует гидротермический коэффициент по всей вегетации овса. Таким образом, нужно отметить, что годы исследований характеризовались более высокой температурой воздуха по сравнению со среднемноголетними значениями. Это положительно повлияло на накопление липидов в зерне овса, тем самым был максимально раскрыт генетический потенциал сортообразцов по синтезу и аккумуляции масла в зерне.

Коллекцию высевали на одном опытном участке, который характеризовался однородностью по гранулометрическому составу, агрохимическим и агрофизическим свойствам. Посев вели во II декаде мая ручным способом в одном повторении. Глубина посева 6–7 см, 5 рядков с междурядьем 20 см. Через каждые 20 образцов высевали стандарт. Уборку урожая проводили вручную. Содержание масла определяли в аналитической лаборатории НИИСХ Северного Зауралья методом Сокслета (ГОСТ 29033-91) в 4-кратном повторении, навески для определения брали из общей пробы размолотого зерна.

Для определения достоверности результатов исследований использовали критерий Фишера при 5 % уровне значимости и наименьшую существенную разницу. Полученные результаты подвергали ранжированию с последующей квартильной группировкой. Были использованы основные статистические показатели: медиана ( $Q_{50}$ ), межквартильный размах ( $Q_{75}-Q_{25}$ ), размах между максимальным ( $x_{max}$ ) и минимальным ( $x_{min}$ ) значениями. Также определен коэффициент вариации ( $C_v$ ), который оценивался по шкале: до 10 % – незначительная; 10–20 % – средняя и > 20 % – значительная вариабельность.

**Результаты и их обсуждение.** Ранжирование группы голозерного овса с последующим квартильным анализом показало, что 9 генотипов обладают минимальным содержанием масла в зерне (рис. 1). Среди них выделяются Large hulless × Red rustproof (к-7774) и Сибирский голозерный (к-15063), у которых данный показатель составляет 4,4 и 4,5 % соответственно. В зерне стандартного сорта (Тюменский голозерный) в среднем за годы исследований содержание масла было 5,5 % с варьированием в диапазоне от 4,9 до 6,0 % при стандартном от-

клонении 0,5 %. Таким образом, этот местный сорт, который обладает комплексом хозяйственно ценных признаков и свойств для условий Западной Сибири, возможно использовать в качестве одной из родительских форм при скрещивании со следующими генотипами: Large hulless x Red rustproof; Сибирский голозерный; Numbat; Sallust и Помор. Перечисленные образцы содержат в зерне достоверно меньше липидов, чем в Тюменском голозерном ( $F_{\text{факт.}} > F_{\text{теор.}}$  при  $p = 5\%$ ). Также они характеризуются незначительной реакцией на погодные условия вегетационного периода.

Среди голозерных генотипов с минимальным содержанием масла были выделены сортооб-

разцы, обладающие средней изменчивостью ( $C_v$  10–20 %) масличности по годам: Large hulless x Red rustproof; Помор; LAUREL. Их коэффициент вариации ( $C_v$ ) находился в диапазоне от 10 до 20 %, при стандартном отклонении 0,6 %. Наименее подходящим для селекционного процесса оказался сорт LAUREL (154), среднее содержание масла в его зерне составило 4,9 % при варьировании от 4,1 до 5,5 %. Таким образом, выявлены перспективные генотипы голозерного овса для селекции, направленной на создание сортов с минимальным (до 5 %) содержанием масла в зерне.

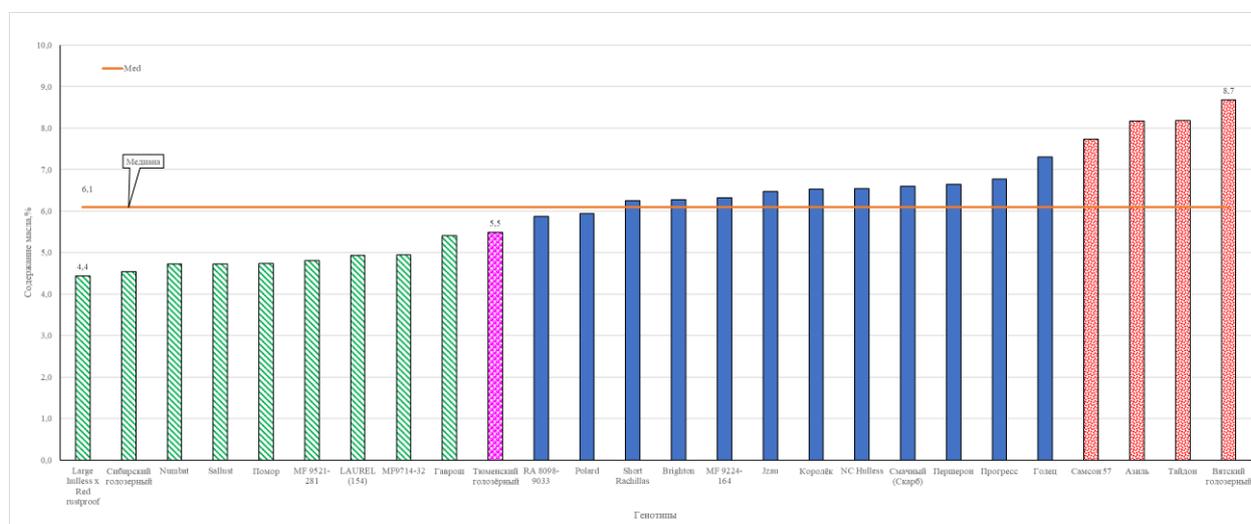


Рис. 1. Содержание масла в зерне голозерных генотипов (2021–2023 гг.), %

Ранжирование также показало наличие голозерных сортов, которые образовали группу с квартильным размахом содержания масла в зерне более 75 % от медианы (6,1 %). В нее вошли: Самсон 57; Азиль; Тайдон и Вятский голозерный. Они характеризовались максимальным количеством масла – 7,7–8,7 % с варьированием по годам от 6,6 до 10,2 %. Это делает их перспективными родительскими формами для создания новых сортов зернофуражного направления. При селекции, направленной на получение сортов для крупяного производства, данные генотипы могут оказать негативное влияние. Сорт Тайдон выделился из группы высоким коэффициентом варьирования ( $C_v = 17,9\%$ ), что делает его неустойчивым в отношении синтеза липидов при разных погодных условиях. Это снижает возможность его использования при подборе родительских пар. Остальные генотипы в группе с высоким содержанием масла

(> 7,5 %) характеризовались незначительной вариабельностью признака ( $C_v = 3,6–7,7\%$ ).

Дикие виды овса изначально характеризовались очень мелким зерном при высоком содержании протеина и липидов, в состав которых преимущественно входила линолевая кислота [15]. В ходе вековой селекции ученым удалось кардинально изменить не только морфологию растений, но и биохимический состав зерна. Современные сорта обладают крупным зерном за счет большого содержания крахмала, но количество липидов стало значительно меньше. Селекция овса в XX в. активно использовала биоэнергетические подходы, которые позволили создать новые сорта овса зернофуражного направления. Главным принципом было повышение питательности за счет увеличения содержания жира – этим и объясняется широкое варьирование масличности в пленчатых сортах овса [16–18]. Как отмечают ученые, при созда-

нии сортов овса для пищевых целей следует ориентироваться на высокое содержание белка при пониженном содержании жира [19, 20].

В группе пленчатых сортов овса, как показали трехлетние исследования, диапазон содержания масла изменялся от 3,3 (сорт Маршал) до 7,4 % (сорт Петрович). Размах варьирования (max – min) составил 4,3 %, что значительно выше, чем в группе голозерных генотипов. Столь широкий диапазон значений обусловил следующую группировку: образцы с низким содержанием – < 4,2 %; средним и повышенным – 4,2–5,5 % и высоким – > 5,5 %. В первую группу вошли 15 генотипов, в том числе местный сорт Фома, в зерне которого содержание липидов варьировало по годам от 3,1 до 3,8 % при коэффициенте вариации 8,5 % (табл. 3). Это делает его весьма перспективным не только в производстве, но и для использования в качестве ценной родительской формы для дальнейшей селекции. Аналогичное содержание масла было в зерне сортов Маршал и Премьер. В группе с низким содержанием масла выделены следующие генотипы: Уралец, Памяти Богачкова, Атлет, Сибирский кормовой. Их объединяет минимальный коэффициент вариации (до 6 %), что свидетельствует о низкой реакции на погодные условия. В совокупности с низким содержанием масла (3,8–4,1 %) это делает данные сорта перспективными для селекционного процесса. Также к этой группе условно можно отнести сорт Эклипс, но его отличительной особенностью

является сильная реакция на погодные условия вегетационного периода. Содержание масла у Эклипса варьировало по годам от 3,1 до 4,1 % при коэффициенте вариации 12,4 и стандартном отклонении 0,5 %. Данный генотип возможно использовать в качестве родительской формы при создании новых сортов продовольственного назначения с обязательным контролем содержания масла на всех этапах селекционных отборов.

Группа с максимальным содержанием масла (более 5,5 %) является перспективной для селекции овса зернофуражного направления. В нее вошли 16 генотипов, из которых 8 – отечественные сорта, используемые в настоящее время в производстве. В среднем по группе коэффициент вариации составляет 8,9 %, что указывает на стабильность содержания масла по годам. Однако анализ вариабельности отдельно по каждому генотипу выявил интересные особенности, которые можно использовать в селекционном процессе.

Минимальной реакцией на погодные условия в группе генотипов с содержанием масла более 5,5 % обладали сорта иностранного происхождения – коэффициент вариации каждого из них не превышал 8 %. По этому признаку к иностранным сортам приближались лишь Львовский 82; Корифей; Улов и Петрович. Остальные генотипы очень сильно реагировали на погодные условия – содержание масла в их зерне варьировало от 4,6 до 7,1 %.

Таблица 3

**Ранжирование генотипов пленчатого овса по содержанию масла в зерне (2021–2023 гг.), %**

Содержание масла в зерне, %	Количество генотипов	Перечень генотипов	CV, %
< 4,2	15	Effektiv; R0 ABDH; Атлет; Иртыш 22; Маршал; Памяти Богачкова; Премьер; Сибирский кормовой; Стайер; Тигровый; Тулунский 19; Уралец; Фома; Эклипс; Экспресс	9,6
4,2–5,5	49	Atego; Aurom; Borrus; С.І. 9271; Ensiler; Hondai 8473; JL 85-1538; Komes; Monida; Neklan; Ozon; Palini; Riby A; Rodgers; Sang; Аргамак; Аргумент; Ассоль; Борец; Борот; Буланный; Дедал; Иртыш 13; Иртыш 21; Козырь; Конкур; Кречет; Лев; Львовский; Львовский 9; Мутика 556; Орион; Отрада; Песец; Ровесник; Саян; СИГ; Скакун; Скороспелый; Талисман; Тарский 2; Тубинский; Уран; Факел; Факир; Фобос; Фристайл; Чиж; Яков	7,2
> 5,5	16	AC Rebel; FF 64-74; Grajcar; Pс 96; PJ 244467; Slawko; Vista; Wandering; Аватар; Корифей; Львовский 82; Медведь; Пегас; Петрович; Сапсан; Улов	8,9

У 49 генотипов овса содержание масла варьировало от 4,2 до 5,5 %. Эта группа характеризовалась как наиболее устойчивая к воздействию погодных условий на липидный комплекс зерна, коэффициент вариации составил 7,2 %. Выделившуюся группу можно отнести к категории универсальных сортов, которую на 70 % представляют отечественные генотипы. Среди группы «универсальных» отечественных генотипов выделены сорта Орион; Иртыш 13;

Ассоль и Скороспелый, которые сильно реагировали на погодные условия при синтезе масла, коэффициент вариации превышал 10 %. Также в группе присутствовали сорта с наиболее стабильным содержанием масла в зерне: Фристайл; Львовский; СИГ; Саян; Скакун; Ровесник; Мутика 556; Фобос; Козырь; Тубинский; Песец и Аргумент, коэффициент вариации не превышал 5 %.

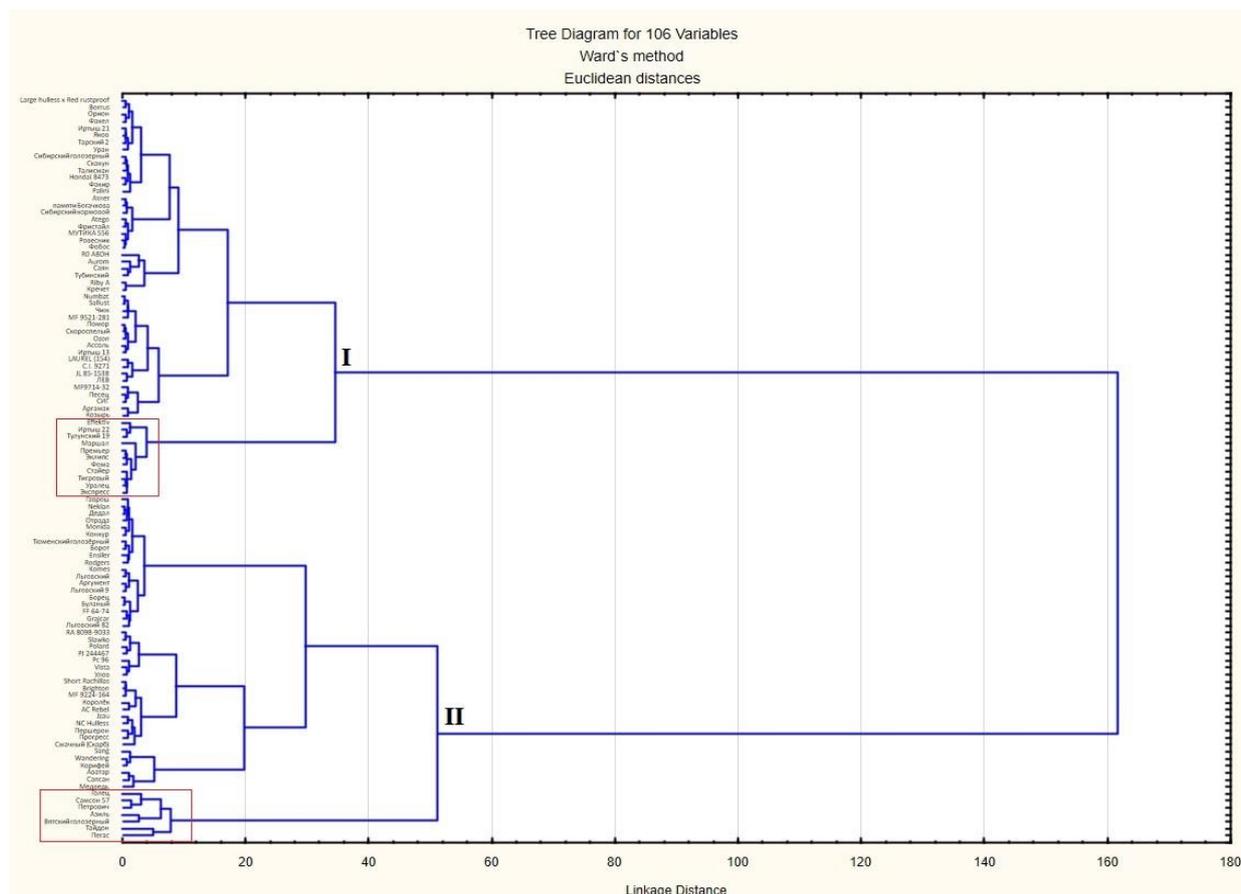


Рис. 2. Результаты кластеризации генотипов овса в изучаемой коллекции по содержанию масла

В результате кластеризации методом Варда все 106 образцов разделились на два крупных кластера на расстоянии 160 единиц (рис. 2). В первый кластер вошли 57 образцов овса со средним содержанием жира в зерне от 3,3 до 5,2 %. Данный кластер образован двумя группами образцов: в первую входят 46 генотипов, содержание жира в которых составляет от 4,0 до 5,2 %, во вторую – образцы с самой низкой масличностью во всей исследованной коллекции (3,3–3,9 %): Маршал, Фома, Премьер, Эклипс, Экспресс, Стайер, Уралец, Тигровый, Effektiv, Тулунский 19. Также в эту группу вошел сорт Иртыш 22 со средним содержанием жира

4,1 % и коэффициентом вариации 12,8 %. На попадание данного образца в группу генотипов с очень низким содержанием жира повлияло то, что его масличность в 2022 г. составила 3,5 %. Образцы из этой группы можно использовать в направленной селекции сортов для крупяного производства.

Во второй кластер вошли оставшиеся 49 образцов овса со средним содержанием жира 5,4–8,7 %. Особого внимания заслуживает группа образцов этого кластера, отделившаяся на расстоянии 50 единиц и образованная сортами российской селекции Пегас, Голец, Петрович, Самсон 57, Азиль, Тайдон и Вятский голозер-

ный. Перечисленные образцы характеризуются самым высоким содержанием жира в коллекции (от 7,0 до 8,7 %) и перспективны для селекции сортов кормового направления.

### Заключение

1. В условиях лесостепной зоны Зауралья выявлена значительная изменчивость содержания масла в коллекции генотипов овса: 4,4–8,7 % у голозерных форм; 3,3–7,4 % – у пленчатых. Среднее содержание масла было 6,1 и 4,9 % соответственно.
2. Были выделены генотипы овса с минимальным содержанием масла в зерне: голозерные формы (Large hulless × Red rustproof (K-7774); Сибирский голозерный (K-15063); Numbat (K-14851); Sallust (K-14809) Помор (K-15117)) – 4,4–4,7 %; пленчатые (Маршал (K-15695); Фома (15451); Премьер (K-15239); Эклипс (K-15187); Уралец (K-15498); Памяти Богачкова (K-14778); Атлет (K-15497); Сибирский кормовой (K-15062)) – 3,3–4,1 %. Данные генотипы характеризовались минимальным варьированием содержания масла по годам (CV до 10 %) и рекомендованы для включения в селекционный процесс при создании новых сортов овса на продовольственные цели.
3. В голозерных генотипах: Самсон 57 (K-15457); Азиль (K-15553); Тайдон (K-15183); Вятский голозерный (K-14960) содержание липидов в зерне в среднем за годы исследований было максимальным – 7,7–8,7 %. В пленчатых: FF 64-74 (K-12325); Wandering (K-14842); Grajsar (K-14790); Львовский 82 (K-14033); Корифей (K-15113); Slawko (K-14518); PJ 244467 (K-15033); Vista (K-14801); Улов (K-14231); Рс 96 (K-15017); AC Rebel (K-14915); Петрович (K-15691) содержание масла варьировало от 5,6 до 7,4 %. Выделенные генотипы характеризовались стабильностью содержания масла – CV не более 10 %. Выделенные генотипы перспективны для селекции овса зернофуражного направления.

### Список источников

1. Берзин А.М., Сурин Н.А. Серые хлеба. Красноярск: Краснояр. кн. изд-во, 1972. 180 с. EDN YPKDDV.
2. Петрова Л.В. Селекция овса в условиях Якутии / Якутский науч.-исслед. ин-т сель-

- ского хозяйства им. М.Г. Сафронова. Новосибирск: Ареал, 2018. 135 с. EDN VNYQTG.
3. Oat Lipids / Zhou M. [et al.] // Journal of the American Oil Chemists' Society. 1999. № 76. P. 159–169. DOI: 10.1007/s11746-999-0213-1.
  4. Schneider S., Hammann S., Hayen H. Determination of Polar Lipids in Wheat and Oat by a Complementary Approach of Hydrophilic Interaction Liquid Chromatography and Reversed-Phase High-Performance Liquid Chromatography Hyphenated with High-Resolution Mass Spectrometry // Journal of agricultural and food chemistry. 2023. № 71 (29). P. 11263–11275. DOI: 10.1021/acs.jafc.3c02073.
  5. Приезжева Л.Г. Определение кислотного числа жира в зернопродуктах // Контроль качества продукции. 2017. № 3. С. 35–39. EDN YFZZMD.
  6. Ванина Л.В., Яицких А.В. Взаимосвязь КЧЖ с органолептическими свойствами крупы манной и каши, приготовленной из нее // Пищевая промышленность. 2023. № 6. С. 9–11. DOI: 10.52653/PPI.2023.6.6.002. EDN BTKEVI.
  7. Stewart D, McDougall G. Oat agriculture, cultivation and breeding targets: implications for human nutrition and health // British Journal of Nutrition. 2014. № 112 (S2). P. 50–57. DOI: 10.1017/S0007114514002736.
  8. IUSS Working Group WRB. World Reference Base for Soil Resources. 2022 International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. 4th edition. International Union of Soil Sciences (IUSS). Vienna, Austria. 236 p.
  9. Каюгина С.М. Вариабельность свойств серых лесных почв Северного Зауралья: дис. ... канд. биол. наук. Тюмень, 2023. 196 с. EDN TJFFWB.
  10. Качество зерна перспективных линий овса на заключительном этапе селекционного процесса в условиях Северного Зауралья / М.Н. Фомина [и др.] // Достижения науки и техники АПК. 2023. Т. 37, № 3. С. 34–38. DOI: 10.53859/02352451\_2023\_37\_3\_34. EDN JKBBVK.
  11. Любимова А.В. Изучение характера наследования компонентов авенина у гибридов F2 от скрещивания сортов овса посевного сибирской селекции // Аграрный вестник Урала. 2022. № 2 (217). С. 48–59. DOI:

- 10.32417/1997-4868-2022-217-02-48-59. EDN VZOQKE.
12. Фомина М.Н., Тоболова Г.В., Остапенко А.В. Использование метода электрофореза проламинов в первичном семеноводстве на примере сорта овса Отрада // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30, № 12. С. 14–16. EDN XRYSVB.
  13. Каталог биохимических паспортов сортов овса посевного сибирской селекции / А.В. Любимова [и др.] // Вестник КрасГАУ. 2022. № 5 (182). С. 73–83. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-5-73-83. EDN RTYWDM.
  14. Фомина М.Н., Брагин Н.А. Влияние элементов технологии на реализацию биологического ресурса у сортов овса нового поколения в зоне северной лесостепи Тюменской области // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34, № 3. С. 22–25. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10304. EDN CLSUOU.
  15. Метаболомный подход к сравнительному анализу диких и культурных видов овса (*Avena L.*) / И.Г. Лоскутов [и др.] // Вавилонский журнал генетики и селекции. 2016. Т. 20, № 5. С. 636–642. EDN WYCWGD.
  16. Variation of some physical and chemical quality traits of Moroccan domesticated tetraploid oat lines of *Avena murphyi* Ladiz / R. Manzali [et al.] // Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding. 2023. Vol. 184, № 1. P. 128–136. DOI: 10.30901/2227-8834-2023-1-128-136. EDN BMMVXR.
  17. Лоскутов И.Г., Блинова Е.В., Гнутиков А.А. Коллекция генетических ресурсов овса ВИР как источник информации по истории возделывания, систематике рода и направлениям селекции культуры (обзор) // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2023. Т. 184, № 1. С. 225–238. DOI 10.30901/2227-8834-2023-1-225-238. EDN НРСJYY.
  18. Иванова Ю.С., Фомина М.Н., Ярославцев А.А. Оценка коллекции овса по основным биохимическим показателям качества в условиях Тюменской области // Аграрный вестник Урала. 2024. Т. 24, № 1. С. 2–11. DOI: 10.32417/1997-4868-2024-24-01-2-11. EDN YBSDWK.
  19. Качество зерна сортов ярового овса селекции Омского аграрного научного центра / О.А. Юсова [и др.] // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2020. № 3 (185). С. 81–91. EDN AYYJSJW.
  20. Элементы продуктивности и характер их наследования гибридами F1 овса ярового (*Avena sativa L.*) в Западной Сибири / Д.И. Еремин [и др.] // Достижения науки и техники АПК. 2022. Т. 36, № 7. С. 25–30. DOI: 10.53859/02352451\_2022\_36\_7\_25. EDN OUICWVW.

## References

1. Berzin A.M., Surin N.A. Serye hleba. Krasnoyarsk: Krasnoyar. kn. izd-vo, 1972. 180 s. EDN YPKDDV.
2. Petrova L.V. Selekcija ovsa v usloviyah Yakutii / Yakutskij nauch.-issled. in-t sel'skogo hozyajstva im. M.G. Safronova. Novosibirsk: Areal, 2018. 135 s. EDN VNYQTG.
3. Oat Lipids / Zhou M. [et al.] // Journal of the American Oil Chemists' Society. 1999. № 76. P. 159–169. DOI: 10.1007/s11746-999-0213-1.
4. Schneider S., Hammann S., Hayen H. Determination of Polar Lipids in Wheat and Oat by a Complementary Approach of Hydrophilic Interaction Liquid Chromatography and Reversed-Phase High-Performance Liquid Chromatography Hyphenated with High-Resolution Mass Spectrometry // Journal of agricultural and food chemistry. 2023. № 71 (29). P. 11263–11275. DOI: 10.1021/acs.jafc.3c02073.
5. Priezzheva L.G. Opredelenie kislotnogo chisla zhira v zernoproduktah // Kontrol' kachestva produkcii. 2017. № 3. S. 35–39. EDN YFZZMD.
6. Vanina L.V., Yaickih A.V. Vzaimosvyaz' KChZh s organoleptichesкими svojstvami krupy mannoj i kashi, prigotovlennoj iz nee // Pischevaya promyshlennost'. 2023. № 6. S. 9–11. DOI: 10.52653/PPI.2023.6.6.002. EDN BTKEVI.
7. Stewart D, McDougall G. Oat agriculture, cultivation and breeding targets: implications for human nutrition and health // British Journal of Nutrition. 2014. № 112 (S2). P. 50–57. DOI: 10.1017/S0007114514002736.
8. IUSS Working Group WRB. World Reference Base for Soil Resources. 2022 International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. 4th edition. International Union of Soil Sciences (IUSS). Vienna, Austria. 236 p.
9. Kayugina S.M. Variabel'nost' svojstv seryh lesnyh pochv Severnogo Zaural'ya: dis. ... kand. biol. nauk. Tyumen', 2023. 196 s. EDN TJFFWB.
10. Kachestvo zerna perspektivnyh linij ovsa na zaklyuchitel'nom `etape selekcionnogo process-

- sa v usloviyah Severnogo Zaural'ya / *M.N. Fomina* [i dr.] // Dostizheniya nauki i tehniki APK. 2023. T. 37, № 3. S. 34–38. DOI: 10.53859/02352451\_2023\_37\_3\_34. EDN JKBBVK.
11. *Lyubimova A.V.* Izuchenie haraktera nasledovaniya komponentov avenina u gibridov F2 ot skreschivaniya sortov ovsa posevnogo sibirskoj selekcii // Agrarnyj vestnik Urala. 2022. № 2 (217). S. 48–59. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-217-02-48-59. EDN VZOQKE.
  12. *Fomina M.N., Tobolova G.V., Ostapenko A.V.* Ispol'zovanie metoda `elektroforeza prolaminov v pervichnom semenovodstve na primere sorta ovsa Otrada // Dostizheniya nauki i tehniki APK. 2016. T. 30, № 12. S. 14–16. EDN XRYSVB.
  13. Katalog biohimicheskikh pasportov sortov ovsa posevnogo sibirskoj selekcii / *A.V. Lyubimova* [i dr.] // Vestnik KrasGAU. 2022. № 5 (182). S. 73–83. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-5-73-83. EDN RTYWDM.
  14. *Fomina M.N., Bragin N.A.* Vliyanie `elementov tehnologii na realizaciyu biologicheskogo resursa u sortov ovsa novogo pokoleniya v zone severnoj lesostepi Tyumenskoj oblasti // Dostizheniya nauki i tehniki APK. 2020. T. 34, № 3. S. 22–25. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10304. EDN CLSUOU.
  15. Metabolomnyj podhod k sravnitel'nomu analizu dikih i kul'turnyh vidov ovsa (*Avena L.*) / *I.G. Loskutov* [i dr.] // Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii. 2016. T. 20, № 5. S. 636–642. EDN WYCWGD.
  16. Variation of some physical and chemical quality traits of Moroccan domesticated tetraploid oat lines of *Avena murphyi* Ladiz / *R. Manzali* [et al.] // Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding. 2023. Vol. 184, № 1. P. 128–136. DOI: 10.30901/2227-8834-2023-1-128-136. EDN BMMVXR.
  17. *Loskutov I.G., Blinova E.V., Gnutikov A.A.* Kollekcija geneticheskikh resursov ovsa VIR kak istochnik informacii po istorii vozdeleyvaniya, sistematike roda i napravleniyam selekcii kul'tury (obzor) // Trudy po prikladnoj botanike, genetike i selekcii. 2023. T. 184, № 1. S. 225–238. DOI: 10.30901/2227-8834-2023-1-225-238. EDN HPCJYY.
  18. *Ivanova Yu.S., Fomina M.N., Yaroslavcev A.A.* Ocenka kollekcii ovsa po osnovnym biohimicheskim pokazatelyam kachestva v usloviyah Tyumenskoj oblasti // Agrarnyj vestnik Urala. 2024. T. 24, № 1. S. 2–11. DOI: 10.32417/1997-4868-2024-24-01-2-11. EDN YBSDWK.
  19. Kachestvo zerna sortov yarovogo ovsa selekcii Omskogo agrarnogo nauchnogo centra / *O.A. Yusova* [i dr.] // Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2020. № 3 (185). S. 81–91. EDN AYYSJW.
  20. `Elementy produktivnosti i harakter ih nasledovaniya gibridami F1 ovsa yarovogo (*Avena sativa L.*) v Zapadnoj Sibiri / *D.I. Eremin* [i dr.] // Dostizheniya nauki i tehniki APK. 2022. T. 36, № 7. S. 25–30. DOI: 10.53859/02352451\_2022\_36\_7\_25. EDN OUICWW.

Статья принята к публикации 24.10.2024 / The paper accepted for publication 24.10.2024.

Информация об авторах:

**Дмитрий Иванович Еремин**<sup>1</sup>, ведущий научный сотрудник лаборатории геномных исследований в растениеводстве, доктор биологических наук, доцент

**Анна Валерьевна Любимова**<sup>2</sup>, заведующая лабораторией геномных исследований в растениеводстве, кандидат биологических наук

Data on authors:

**Dmitry Ivanovich Eremin**<sup>1</sup>, Leading Researcher at the Laboratory of Genomic Research in Plant Growing, Doctor of Biological Sciences, Docent

**Anna Valerievna Lyubimova**<sup>2</sup>, Head of the Laboratory of Genomic Research in Plant Growing, Candidate of Biological Sciences