

ОТЕЧЕСТВЕННАЯ СЕЛЕКЦИЯ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ

Научная статья
УДК 633.13:636.086.13(571.12)
DOI: 10.30901/2227-8834-2024-2-116-127



Кормовая продуктивность и энергетическая питательность селекционных образцов овса посевного (*Avena sativa* L.) в условиях Северного Зауралья

М. Н. Фомина, Ю. С. Иванова, Н. А. Брагин, М. В. Брагина

Федеральный исследовательский центр Тюменский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук, Тюмень, Россия

Автор, ответственный за переписку: Юлия Семеновна Иванова, averyasova-ulyi@mail.ru

Актуальность. В комплексном решении актуальных проблем для создания прочной кормовой базы, позволяющей обеспечить потребности животноводства в кормах высокого качества, яровой овес играет существенную роль. Полноценное кормление возможно при наличии кормов высокого качества и сбалансированности рационов по основным питательным веществам.

Материалы и методы. Полевые исследования проводились в Тюменской области на опытном поле НИИСХ СЗ в 2016–2023 гг. Способ посева рядовой, повторность четырехкратная, предшественник – яровая пшеница. Объекты исследований – сорта и секционные линии овса ярового, стандарт – ‘Талисман’. Оценка продуктивности делали по сбору сухого вещества, сырого и переваримого протеина, сырого и переваримого жира, сырой и переваримой клетчатки, сырых и переваримых безазотистых экстрактивных веществ (БЭВ).

Результаты. Проведена оценка сортов и перспективных селекционных линий по кормовой продуктивности (урожайность зеленой массы, сборы сухого вещества, протеина, жира, клетчатки и БЭВ), определена энергетическая питательность сортов и селекционных линий в овсяных кормовых единицах (ОКЕ), а также в джоулях обменной (ОЭ) и валовой энергии (ВЭ). Рассчитана переваримость энергии (ПЭ), концентрация переваримой (КПЭ) и обменной энергии (КОЭ).

Заключение. Лучшими по кормовой продуктивности были сорта ‘Тоболяк’, ‘Радужный’ и ‘Сириус’. Они обеспечивали урожайность зеленой массы 29,36–32,34 т/га; сбор сухого вещества – 10,09–11,24 т/га; сбор сырого протеина – 0,807–0,822 т/га; сбор переваримого протеина – 0,597–0,608 т/га. По энергетической питательности выделились сорта ‘Мегион’, ‘Отрада’, ‘Фома’, ‘Тоболяк’ и линия ТМ 07-95-16. Они обеспечивали в 1 кг сухого вещества 0,85–0,86 ОКЕ, формировали в 100 кг сухого вещества 835,5–842,5 кДж ОЭ и 1708,1–1734,6 кДж ВЭ.

Ключевые слова: овес посевной, сорт, селекционная линия, протеин, жир, клетчатка, БЭВ, энергетическая питательность

Благодарности: работа выполнена научно-исследовательским институтом сельского хозяйства Северного Зауралья ТюмНЦ СО РАН в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № FWRZ-2021-0015).

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

Для цитирования: Фомина М.Н., Иванова Ю.С., Брагин Н.А., Брагина М.В. Кормовая продуктивность и энергетическая питательность селекционных образцов овса посевного (*Avena sativa* L.) в условиях Северного Зауралья. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2024;185(2):116-127. DOI: 10.30901/2227-8834-2024-2-116-127

DOMESTIC PLANT BREEDING AT THE PRESENT STAGE

Original article

DOI: 10.30901/2227-8834-2024-2-116-127

Fodder productivity and digestible energy value of oat (*Avena sativa* L.) cultivars and breeding lines under the conditions of the Northern Trans-Urals

Maria N. Fomina, Yulia S. Ivanova, Nikolay A. Bragin, Maria V. Bragina

*Tyumen Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Tyumen, Russia***Corresponding author:** Yulia S. Ivanova, averyasova-ulyi@mail.ru

Background. Spring oats play an essential role in the search for a comprehensive solution of urgent problems associated with the development of a solid fodder resource base that could meet the need of animal husbandry for high-quality feeds. Adequate animal feeding is possible when high-quality fodders are available and the rations are well balanced in basic nutrients.

Materials and methods. Field studies were conducted in Tyumen Province on the experimental field of the Research Institute of Agriculture for the Northern Trans-Ural Region in 2016–2023. The tested materials included spring oat cultivars and breeding lines, with cv. 'Talisman' serving as the reference. Productivity was assessed according to the harvested dry matter, crude and digestible protein, crude and digestible fat, crude and digestible fiber, and crude and digestible nitrogen-free extracts (NFE). To do this, the yield of green biomass in the phase of milky ripeness was taken into account, and the contents of dry matter and nutrients in it were measured.

Results. Promising breeding lines were evaluated for their fodder productivity (green biomass yield and the collected dry matter, protein, fat, fiber, and NFE). Digestible energy value of the tested oats was calculated in feed units (FU) and in joules of metabolizable energy (ME) and gross energy (GE). Energy digestibility (ED) and concentrations of digestible energy (DE) and metabolizable energy (ME) were measured.

Conclusion. Cvs. 'Tobolyak', 'Raduzhny' and 'Sirius' were the best in fodder productivity. Cvs. 'Megion', 'Otrada', 'Foma', 'Tobolyak', and line TM 07-95-16 were identified for the highest digestible energy value. They provided 0.85–0.86 FU per 1 kg of dry matter and formed 835.5–842.5 kJ of ME and 1708.1–1734.6 kJ of GE per 100 kg of dry matter. Their ED was 63.5–65.8%, with 1092.87–1141.36 kJ/kg of DE and 896.15–935.91 kJ/kg of ME.

Keywords: oats, cultivar, breeding line, protein, fat, fiber, NFE, energy digestibility

Acknowledgements: the studies were conducted at the Research Institute of Agriculture for the Northern Trans-Ural Region, branch of Tyumen Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, in the framework of the state task delegated by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (Topic No. FWRZ-2021-0015). The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

For citation: Fomina M.N., Ivanova Yu.S., Bragin N.A., Bragina M.V. Fodder productivity and digestible energy value of oat (*Avena sativa* L.) cultivars and breeding lines under the conditions of the Northern Trans-Urals. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2024;185(2):116-127. DOI: 10.30901/2227-8834-2024-2-116-127

Введение

Яровой овес – традиционная российская культура многопланового использования. В сельскохозяйственном производстве он широко используется как на зерно, так и на зеленую массу, высокая урожайность которой обуславливает кормовую направленность овса (Yusova et al., 2020; Chawla et al., 2022). Овес на зеленую массу возделывается как в одновидовых, так и в смешанных посевах (Devi et al., 2019). Это одна из наиболее важных культур, используемых в кормопроизводстве как однолетние травы. Относительная нетребовательность к почве, быстрый темп первоначального роста, хорошая облиственность, способность эффективно использовать действие и последствие удобрений, а также способность бороться с сорняками обуславливают востребованность овса как неотъемлемой части кормовых смесей (Kadam et al., 2019; Voytsutskaia, Loskutov, 2019). Он также используется и как однолетняя пастбищная культура в летне-осенний период (Samal et al., 2023).

В структуре кормовых посевов РФ однолетние травы занимают около 5% (Kosolapov et al., 2021; <https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/FSLOC1s0/Vall-2020.rar>), значительная часть которых приходится на овес в чистом виде или в смеси с другими культурами. Урожайность вегетативной массы овса и овсяно-бобовых смесей в зависимости от зон возделывания сорта и условий выращивания колеблется в широких пределах (Polonskiy et al., 2019). Так, на сортоиспытательных участках Тюменской области урожайность зеленой массы овса в 2019–2021 гг. варьировала от 2,5 (сорт 'Фома', 2021 г., Нижне-Тавдинский ГСУ) до 42,4 т/га (сорт 'Тобольск', 2019 г., Ишимский ГСУ) (Zoning of crop cultivars..., 2021). В современном растениеводстве основу интенсивных и энергосберегающих технологий представляет собой сорт. Поэтому его выбор при посеве на зеленую массу имеет большое значение (Baukalova, 2022). Эффективность кормопроизводства в значительной мере зависит от создания и внедрения интенсивных, адаптированных к конкретным условиям среды сортов кормовых культур нового поколения. Их возделывание способно обеспечить устойчивую продуктивность агроэкосистем по годам, ресурсо- и энергоэкономичность, а также экологически безопасное производство кормов (Kosolapov et al., 2021).

Цель исследований – оценить кормовую продуктивность и энергетическую питательность вегетативной массы перспективных генотипов ярового овса (*Avena sativa* L.) на заключительном этапе селекционного процесса (конкурсное сортоиспытание) в условиях Северного Зауралья.

Задачи: оценить кормовую продуктивность по урожайности зеленой массы, сбору сухого вещества, протеина, жира, клетчатки и БЭВ; определить энергетическую питательность селекционных образцов в овсяных кормовых единицах (ОКЕ), а также в джоулях обменной (ОЭ) и валовой энергии (ВЭ). Определить переваримость энергии (ПЭ), концентрацию переваримой (КПЭ) и обменной энергии (КОЭ).

Материалы и методы исследования

Полевые исследования проводились на опытном поле Научно-исследовательского института сельского хозяйства Северного Зауралья – филиала Федерального исследовательского центра Тюменского научного центра Сибирского отделения Российской академии наук

(НИИСХ СЗ – филиал ТюмНЦ СО РАН) в 2016–2023 гг. в зоне северной лесостепи Тюменской области. В конкурсном сортоиспытании с 2016 по 2023 г. оценивали 176 перспективных линий и сортов овса, сорт-стандарт (ст.) – 'Талисман'. Опыты закладывались в соответствии с методиками государственного сортоиспытания и ВНИИ кормов им. В.Р. Вильямса (Guidelines for conducting..., 1987).

Селекционные питомники закладывали на серой лесной тяжелосуглинистой оподзоленной почве. Мощность пахотного горизонта – 18–30 см; содержание гумуса в почве по Тюрину (GOST 23740-79..., 1987) – 1,50–4,75%; кислотность солевой вытяжки (по Алямовскому) – 5,5–6,8 ед. рН; содержание нитратного азота (по Грандвалю – 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 проводили сеялкой СКС-6-10, учетная площадь делянки – 10 м², повторность четырехкратная. Норма высева – 550 всхожих семян на 1 м². Обработка почвы осуществлялась в соответствии с агротехническими рекомендациями, принятыми для данной почвенно-климатической зоны. Уборка проводилась вручную путем скашивания зеленой массы в фазу молочной спелости (Guidelines for conducting..., 1987).

Биохимические показатели зеленой массы определяли в аналитической лаборатории НИИСХ СЗ. Содержание сырого протеина измеряли фотоколориметрическим методом, содержание жира – на установке ЭЖ-101 методом экстрагирования (по Рушковскому), содержание клетчатки – по Кюршнеру – Ганеку (GOST 31675-2012..., 2020), содержание безазотистых экстрактивных веществ (БЭВ) – расчетным путем (100% минус процентное содержание влаги, протеина, жира, клетчатки и золы). Содержание переваримых питательных веществ рассчитывали с учетом коэффициентов переваримости (Fodders of Siberia..., 1988).

Математическая обработка результатов проведена методом дисперсионного анализа с использованием пакета прикладных программ Microsoft Excel.

Метеорологические условия вегетационного периода в годы исследований отличались по обеспеченности растений теплом и влагой. Увлажненными были 2017, 2018, 2019 и 2022 г., гидротермический коэффициент (ГТК) составил 1,36–1,68. Недостаточной влагообеспеченностью и высокой температурой характеризовались 2016, 2020, 2021 и 2023 г. (ГТК соответственно составил 0,69; 0,89; 0,42; 0,74). Недобор тепла (99,0% к норме) при достаточно высоком увлажнении (126,3% к норме) отмечен в 2018 г. Дефицит тепла отмечали также в отдельные месяцы 2017 г. (май, июль), 2019 г. (июнь) и 2023 г. (вторая и третья декады июня), однако высокие среднесуточные температуры в течение остального периода вегетации компенсировали этот недостаток. Суммы положительных температур в целом за вегетационный период в 2017, 2018, 2019 и 2022 г. были близки к норме; в 2016, 2020, 2021 и 2023 г. превысили среднее многолетнее значение на 14,2–22,9% (табл. 1).

Результаты и обсуждение

Урожайность зеленой массы и сбор сухого вещества зависели как от погодных условий вегетационного периода, так и от сортовых особенностей. Минимальный уро-

Таблица 1. Метеорологические условия вегетационного периода (май – август) в 2016–2023 гг, Тюмень
Table 1. Weather conditions during the growing seasons (May – August) in 2016–2023, Tyumen

Показатель	Единицы измерения	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Количество осадков	мм	149,8	281,7	306,9	299,3	189,7	96,4	272,1	161,0
	% от нормы	61,6	115,9	126,3	123,7	78,1	39,7	112,0	66,2
Среднесуточная температура	°С	17,6	15,5	14,8	16,1	17,3	18,4	16,4	17,6
	% от нормы	117,3	103,3	98,7	107,3	115,3	122,7	109,3	117,3
Сумма положительных температур	°С	2163	1900	1825	1906	2133	2266	1998	2152
	% от нормы	117,3	103,0	99,0	103,4	115,7	122,9	108,4	114,2
Гидротермический коэффициент (ГТК)	ед.	0,69	1,48	1,68	1,57	0,89	0,42	1,36	0,74

жай зеленой массы (0,75 т/га) и сбор сухого вещества (0,30 т/га) в среднем по опыту был получен в условиях жесткой засухи 2021 г. Максимальная продуктивность (урожайность зеленой массы – 48,15 т/га; сбор сухого вещества – 17,57 т/га) отмечалась в благоприятных условиях 2022 г. У сортов и селекционных линий урожайность зеленой массы колебалась от 0,44 т/га ('Тюменский Голозерный', 2021 г.) до 58,90 т/га (ТМ 07-95-16, 2022 г.); сбор сухого вещества варьировал от 0,16 т/га ('Тюменский Голозерный', 2021 г.) до 21,60 т/га (ТМ 19-58-10, 2022 г.) (табл. 2).

Значительная изменчивость данных показателей была отмечена в засушливых условиях 2021 г. Коэффициент вариации (V) составил более 20% как по урожайности зеленой массы, так и по сбору сухого вещества. Во всех остальных случаях по урожайности зеленой массы изменчивость была незначительной ($V < 10\%$), а по сбору сухого вещества – средней (коэффициент вариации был более 10%, но менее 20%).

Проведенный анализ показал влияние отдельных факторов на продуктивность селекционных линий и сортов овса в зоне северной лесостепи Тюменской области.

Решающее воздействие на урожайность зеленой массы, сбор сухого вещества и сбор питательных элементов оказали метеорологические условия в период вегетации (среда). Доля их влияния составила 74,80–93,34%. Влияние генотипа было незначительным (1,36–4,12%). По ряду показателей (сбор сырого протеина, сырого жира и сырой клетчатки) отмечалась существенная роль взаимодействия «генотип – среда» (табл. 3).

Результаты многолетних исследований (2016–2023 гг.) показали, что урожайность зеленой массы в значительной степени зависела от продуктивной кустиности ($r = 0,58–0,99$), высоты растений ($r = 0,52–0,84$) и в отдельные годы от обильности ($r = 0,54–0,88$). Удлинение межфазного периода «всходы – выметывание» способствовало накоплению сухого вещества ($r = 0,40–0,67$), которое сформировалось в значительной степени за счет количества продуктивных стеблей ($r = 0,17–0,93$).

Полный биохимический анализ зеленой массы селекционных образцов овса выявил значительную варибельность показателей в зависимости от условий выращивания и генотипа. Содержание гигровлаги в среднем

Таблица 2. Варьирование показателей продуктивности у сортов и селекционных линий овса в условиях Северного Зауралья, 2016–2023 гг.

Table 2. Variation of productivity indicators in oat cultivars and breeding lines under the conditions of the Northern Trans-Urals, 2016–2023

Годы	Урожайность зеленой массы, т/га			Сбор сухого вещества, т/га		
	\bar{x}	R	V	\bar{x}	R	V
2016	28,06	23,14–33,32	8,08	10,00	7,00–13,56	16,54
2017	39,57	30,16–47,30	7,10	12,39	8,12–15,53	12,28
2018	32,26	26,95–38,09	7,82	10,74	8,15–14,55	11,95
2019	44,25	32,90–51,60	8,80	13,91	8,15–14,55	12,31
2020	24,98	21,10–30,70	8,72	9,20	6,84–11,24	10,65
2021	0,75	0,44–1,12	20,37	0,30	0,16–0,47	21,97
2022	48,15	40,80–58,90	7,87	17,57	13,50–21,60	9,95
2023	15,82	13,28–20,38	9,11	5,06	3,86–7,01	13,23

Примечание: \bar{x} – среднее; R – размах варьирования; V – коэффициент вариации

Note: \bar{x} is the mean; R is the range of variation; V is the coefficient of variation

Таблица 3. Влияние факторов на продуктивность сортов и селекционных линий овса в условиях Северного Зауралья, 2016–2023 гг.**Table 3. The effect of the factors on the productivity of oat cultivars and breeding lines under the conditions of the Northern Trans-Urals, 2016–2023**

Показатели	Доля влияния, %			
	Генотип (А)	Среда (В)	Взаимодействие (АВ)	Ошибка
Урожайность зеленой массы, т/га	2,25	89,10	6,14	2,48
Сбор сухого вещества, т/га	3,16	93,34	7,78	5,72
Сбор сырого протеина, т/га	1,36	77,34	11,68	9,62
Сбор сырого жира, т/га	2,70	74,80	13,26	9,24
Сбор сырой клетчатки, т/га	3,76	77,64	10,15	8,45
Сбор БЭВ, т/га	4,12	81,78	7,06	7,04

по опыту варьировало от 5,40 (2021 г.) до 8,72% (2018 г.); содержание золы колебалось от 5,72 (2020 г.) до 9,92% (2019 г.); содержание сырого протеина – от 4,86 (2017 г.) до 9,67% (2021 г.); содержание сырого жира – от 2,49 (2017 г.) до 4,59% (2022 г.); содержание сырой клетчатки – от 25,75 (2021 г.) до 32,38% (2017 г.); содержание БЭВ – от 42,17 (2022 г.) до 49,28% (2021 г.). Варьирование биохимических показателей между генотипами было еще существеннее. Минимальное содержание гигровлаги (4,12%) было отмечено в 2021 г. у линии ТМ 11-6-1,

максимальное ее значение (10,11%) – у линии ТМ 07-126-23 в 2018 г. Минимальное содержание золы (4,33%) отмечалось в 2021 г. у линии ТМ 10-5-13, а максимальное его значение (8,31%) в этих же условиях было у сорта 'Отрада'. Содержание сырого протеина колебалось от 2,81 (ТМ 10-13-28, 2017 г.) до 13,44% (ТМ 17-71-2, 2022 г.); сырого жира – от 1,64 (ТМг 3-3, 2020 г.) до 6,85% (ТМ 17-77-23, 2022 г.); сырой клетчатки – от 13,01 (ТМ 13-40-6, 2020 г.) до 37,78% (ТМ 07-95-16, 2022 г.); сырых БЭВ – от 33,30 ('Отрада', 2022 г.) до 59,89% (ТМ 13-40-6) (табл. 4).

Таблица 4. Варьирование биохимических показателей зеленой массы у сортов и селекционных линий овса в условиях Северного Зауралья, 2016–2022 гг.**Table 4. Variation of biochemical parameters in the green biomass of oat cultivars and breeding lines under the conditions of the Northern Trans-Urals, 2016–2022**

Показатели	Годы						
	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Гигровлага							
ḡ	7,12	5,71	8,72	7,50	7,90	5,40	6,50
R	6,07–8,12	4,34–6,61	7,20–10,11	5,94–8,72	6,21–9,19	4,12–7,85	4,23–9,46
V	6,16	10,47	5,40	8,91	7,47	16,25	12,42
Зола							
ḡ	6,12	6,21	6,17	6,92	5,72	6,26	6,28
R	5,24–7,40	5,47–6,81	5,54–7,39	5,99–8,05	4,95–6,94	4,33–8,31	5,49–6,97
V	9,34	5,13	6,67	7,62	7,71	13,61	5,79
Содержание сырого протеина							
ḡ	8,92	4,86	8,63	6,38	7,73	9,67	9,47
R	6,94–10,62	2,81–6,56	6,44–13,31	5,12–7,50	5,31–10,31	8,38–11,56	6,25–13,44
V	9,73	19,01	15,96	11,10	14,03	8,79	13,48
Содержание сырого жира							
ḡ	3,32	2,49	3,44	3,02	3,06	3,63	4,59
R	2,23–4,26	1,72–3,15	2,60–4,43	1,87–4,62	1,64–4,11	2,80–5,26	2,56–6,85
V	12,45	14,53	10,53	25,89	17,43	16,59	21,31

Таблица 4. Окончание
Table 4. The end

Показатели	Годы						
	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Содержание сырой клетчатки							
Х	26,54	32,38	25,79	31,48	26,69	25,75	31,05
R	22,28–32,39	28,44–36,49	21,72–30,31	23,48–37,65	16,01–32,19	21,49–32,23	27,34–37,78
V	10,26	5,49	7,45	8,19	12,15	9,63	7,50
Содержание БЭВ							
Х	47,94	48,19	47,24	44,68	48,90	49,28	42,14
R	41,01–52,75	41,35–53,45	40,77–53,66	37,67–52,31	41,34–59,89	42,53–54,79	33,30–46,20
V	6,10	4,50	5,52	6,20	8,40	5,98	6,67

Примечание: Х – среднее; R – размах варьирования; V – коэффициент вариации

Note: X is the mean; R is the range of variation; V is the coefficient of variation

Оценивая влияние факторов на качественные показатели зеленой массы селекционных линий и сортов овса, следует отметить высокую долю влияния условий выращивания (среды). Особенно сильно условия среды отразились на содержании сырого протеина и протеиновом отношении (доля влияния – 70,05–74,19%). Содержание сырого жира существенно зависело от условий выращивания (51,34%), а также от генотипа (15,83%) и взаимодействия «генотип – среда» (17,03%). На содержании сырой клетчатки и БЭВ, помимо влияния среды (доля влияния соответственно 56,15% и 50,49%), существенно отражалось взаимодействие «генотип – среда» (табл. 5).

Чтобы оценить кормовые достоинства зеленой массы, нужно знать не только ее биохимический состав, но и степень переваримости накопленных питательных веществ. Содержание переваримых питательных веществ в зеленой массе селекционных линий и сортов овса формировалось под влиянием погодных условий в период вегетации и генотипического разнообразия селекционного материала. Содержание переваримого протеина в среднем по опыту, в зависимости от условий выращивания, колебалось от 3,58 (2017 г.) до 7,18% (2021 г.); переваримого жира – от 1,71 (2017 г.) до 3,13% (2022 г.); переваримой клетчатки – от 14,44 (2021 г.) до 18,18%

(2017 г.); переваримых БЭВ – от 27,08 (2022 г.) до 31,57% (2021 г.). В разрезе генотипов эти показатели варьировали следующим образом: протеин – от 2,08 (ТМ 10-13-28, 2017 г.) до 9,94% (ТМ 17-71-2, 2022 г.); жир – от 1,13 (ТМ 3-3, 2020 г.) до 4,73% (ТМ 17-77-23, 2022 г.); клетчатка – от 8,96 (ТМ 13-40-6, 2020 г.) до 21,16% (ТМ 07-95-16, 2022 г.); БЭВ – 23,63 (ТМ 17-71-2, 2022 г.) до 38,33% (ТМ 13-40-6, 2020 г.) (табл. 6).

Как при избытке, так и при недостатке протеина в корме снижается использование организмом других питательных веществ. Количество протеина в корме контролируется протеиновым отношением, которое показывает, сколько частей переваримых углеводов и жира приходится на одну часть протеина. Переваривание идет нормально, если на одну часть протеина приходится 6–8 частей безазотистых веществ (нормальное протеиновое отношение) (Andreeva, Pilipenko, 2017). Нормальное протеиновое отношение в среднем по опыту было отмечено в 2016 г. (7,79), 2021 г. (7,24) и 2022 г. (7,51). В 2017–2020 гг. оно было широким (более 8). В разрезе генотипов протеиновое отношение варьировало от узкого (менее 6) до широкого (более 8).

Проведенные исследования позволили выделить ряд перспективных сортов и селекционных линий овса яро-

Таблица 5. Влияние факторов на качество зеленой массы овса в условиях Северного Зауралья, 2016–2022 гг.

Table 5. The effect of the factors on the green biomass quality in oats under the conditions of the Northern Trans-Urals, 2016–2022

Показатели	Доля влияния, %			
	Генотип (А)	Среда (В)	Взаимодействие (АВ)	Ошибка
Содержание сырого протеина, %	6,16	70,05	11,19	12,60
Содержание сырого жира, %	15,83	51,34	17,03	15,80
Содержание сырой клетчатки, %	5,92	56,15	29,02	8,91
Содержание БЭВ, %	6,90	50,49	36,31	6,29
Протеиновое отношение	4,49	74,19	5,52	15,80

Таблица 6. Содержание переваримых питательных веществ и протеиновое отношение в зеленой массе сортов и селекционных линий овса в условиях Северного Зауралья, 2016–2022 гг.**Table 6. The content of digestible nutrients and the protein ratio in the green biomass of oat cultivars and breeding lines under the conditions of the Northern Trans-Urals, 2016–2022**

Годы	Протеин	Жир	Клетчатка	БЭВ	Протеиновое отношение
2016	$\frac{6,58}{5,14-7,86}$	$\frac{2,29}{1,54-2,94}$	$\frac{14,95}{12,85-18,14}$	$\frac{30,60}{26,25-33,76}$	$\frac{7,79}{6,42-10,12}$
2017	$\frac{3,58}{2,08-4,85}$	$\frac{1,71}{1,19-2,17}$	$\frac{18,18}{15,93-20,43}$	$\frac{30,83}{26,46-34,21}$	$\frac{15,32}{10,61-26,54}$
2018	$\frac{6,40}{4,76-9,85}$	$\frac{2,36}{1,79-3,06}$	$\frac{14,56}{12,16-16,56}$	$\frac{31,04}{26,09-33,70}$	$\frac{8,02}{4,78-10,73}$
2019	$\frac{4,68}{3,79-5,55}$	$\frac{2,04}{1,29-3,19}$	$\frac{17,59}{13,15-20,56}$	$\frac{28,75}{25,49-33,48}$	$\frac{11,02}{9,29-13,84}$
2020	$\frac{5,64}{3,01-7,63}$	$\frac{2,14}{1,13-2,84}$	$\frac{14,82}{8,96-18,03}$	$\frac{31,37}{26,46-38,33}$	$\frac{9,14}{6,36-13,56}$
2021	$\frac{7,18}{6,24-8,55}$	$\frac{2,47}{1,93-3,63}$	$\frac{14,44}{12,03-18,05}$	$\frac{31,57}{27,22-35,06}$	$\frac{7,24}{5,93-8,35}$
2022	$\frac{6,99}{4,62-9,94}$	$\frac{3,13}{1,77-4,73}$	$\frac{17,14}{12,31-21,16}$	$\frac{27,08}{23,63-29,57}$	$\frac{7,51}{4,97-11,87}$

Примечание: в числителе – среднее значение; в знаменателе – размах варьирования в разрезе генотипов

Note: the numerator shows the mean value, and the denominator shows the range of variation in the context of genotypes

вого, которые характеризовались высокой кормовой продуктивностью. По всем показателям продуктивности – урожайности зеленой массы, сбора сухого вещества, сбора сырого и переваримого протеина – стандарт ‘Талисман’ превосходили сорта ‘Тоболяк’, ‘Радужный’ и ‘Сириус’ (табл. 7).

Сорт ‘Отрада’ формировал урожайность зеленой массы и сбор сухого вещества на уровне стандарта (‘Талисман’), но превосходил его по сбору сырого и переваримого протеина. Сорта ‘Мегион’ и ‘Фома’ уступали стандарту по урожайности зеленой массы и сбору сухого вещества, но превосходили его по сбору протеина –

Таблица 7. Кормовая продуктивность перспективных генотипов овса ярового в условиях Северного Зауралья, 2016–2023 гг.**Table 7. Fodder productivity of promising spring oat genotypes under the conditions of the Northern Trans-Urals, 2016–2023**

Сорт, линия	Урожайность зеленой массы, т/га	Сбор сухого вещества, т/га	Сбор протеина, т/га		Протеиновое отношение
			сырого	переваримого	
‘Талисман’ (ст.)	28,05	9,54	0,768	0,568	9,08
‘Мегион’	27,53	9,36	0,814	0,602	8,93
‘Отрада’	28,49	9,52	0,810	0,600	8,67
‘Фома’	27,22	9,14	0,858	0,635	7,94
‘Тоболяк’	32,34	10,76	0,807	0,597	9,11
‘Радужный’	31,58	11,24	0,822	0,608	10,01
‘Сириус’	29,36	10,09	0,807	0,597	9,24
ТМ 07-95-16	29,96	10,16	0,750	0,555	9,81
ТМ 08-140-2	29,52	9,55	0,719	0,532	9,70
Среднее	29,34	9,93	0,795	0,588	9,17
НСП ₀₅ (А сорт)	2,5	1,34	0,16	0,12	1,56
НСП ₀₅ (В среда)	2,5	1,27	0,15	0,11	1,38

как сырого, так и переваримого. Кроме того, сорт 'Фома' в большинстве случаев обеспечивал нормальное протеиновое отношение (6–8), широкое протеиновое отношение у него было отмечено лишь в 2017 г. (10,61) и 2019 г. (9,97). Все остальные сорта характеризовались широким протеиновым отношением (более 8), и при возделывании на зеленый корм им потребуется дополнительное бобовый компонент. Высокой урожайностью зеленой массы и высоким сбором сухого вещества характеризовались также линии ТМ 07-95-16 и ТМ 08-140-2, однако они уступали стандарту по сбору сырого и переваримого протеина.

Энергетическая питательность сухого вещества перспективных образцов овса в конкурсном сортоиспытании выражена в овсяных кормовых единицах (ОКЕ), а также в килоджоулях обменной (ОЭ) и валовой (ВЭ) энергии, рассчитанных с учетом содержания питательных веществ (Trifuntova, Aseeva, 2021). В зависимости от условий выращивания в одном килограмме сухого вещества содержалось в среднем 0,82–0,88 ОКЕ. Обменная энергия 100 кг сухого вещества в среднем по опыту составила от 810,5 (2019 г.) до 866,3 кДж (2021 г.), валовая – от 1681,7 (2019 г.) до 1764,4 кДж (2022 г.). Переваримость энергии (ПЭ) колебалась от 60,6 (2017 г.) до

67,7% (2021 г.). Концентрация переваримой энергии (КПЭ) варьировала в пределах от 1034,65 (2017 г.) до 1186,33 кДж/кг (2021 г.), концентрация обменной энергии (КОЭ) – от 848,41 (2017 г.) до 972,79 кДж/кг (2021 г.). В разрезе генотипов эти показатели также варьировали. Минимальное содержание ОКЕ (0,77), а также наименьшее количество обменной энергии (751,9 кДж) были отмечены у линии ТМ 09-80-11 в 2017 г. Максимальные значения данных показателей (соответственно: ОКЕ – 0,96; ОЭ – 901,0 кДж) отмечалось в 2022 г. у линии ТМ 17-77-23. Минимальную ВЭ (1529,8 кДж) имела линия ТМ 15-53-20 в 2020 г., максимальное значение данного показателя (1857,4 кДж) отмечено у линии ТМ 16-33-11 в 2022 г. Минимальная переваримость энергии (56,6%) была отмечена в 2022 г. у линии ТМ 09-95-16, а максимальное ее значение (76,2%) отмечалось у линии ТМ 15-53-20 в 2020 г. Минимальная концентрация переваримой (944,74 кДж/кг) и обменной (774,69 кДж/кг) энергии была у линии ТМ 09-68-3 в 2019 г., максимальное их значение (соответственно: КПЭ – 1272,65; КОЭ – 1043,57 кДж/кг) отмечено в 2020 г. у линии ТМ 13-40-6. Коэффициент вариации по всем показателям не превышал 10, что свидетельствовало об их незначительной изменчивости (табл. 8).

Таблица 8. Энергетическая питательность сухого вещества селекционных образцов овса на заключительном этапе селекционного процесса (Тюмень, 2016–2022 гг.)

Table 8. Digestible energy value in the dry matter of oat genotypes at the final stage of the breeding process (Tyumen, 2016–2022)

Годы	Среднее (x̄)	Размах варьирования (R)	Коэффициент вариации (V)
Овсяная кормовая единица (ОКЕ)			
2016	0,85	0,81–0,88	1,85
2017	0,83	0,77–0,86	1,92
2018	0,84	0,81–0,87	1,37
2019	0,82	0,78–0,88	3,45
2020	0,84	0,78–0,87	2,18
2021	0,87	0,85–0,91	1,73
2022	0,88	0,88–0,96	3,51
Обменная энергия (ОЭ), кДж			
2016	842,9	814,4–865,1	1,42
2017	819,5	751,9–839,9	1,74
2018	830,0	810,9–852,7	1,18
2019	810,5	778,7–851,7	2,38
2020	831,9	776,2–857,5	1,59
2021	866,3	845,4–890,0	1,26
2022	855,9	832,4–901,0	2,05
Валовая энергия (ВЭ), кДж			
2016	1715,1	1651,8–1750,9	1,00
2017	1705,9	1582,4–1742,7	1,41
2018	1685,1	1654,4–1735,5	1,00

Таблица 8. Окончание
Table 8. The end

Годы	Среднее (\bar{x})	Размах варьирования (R)	Коэффициент вариации (V)
Валовая энергия (ВЭ), кДж			
2019	1681,7	1629,9–1747,1	1,89
2020	1693,5	1529,8–1737,0	1,74
2021	1752,4	1708,1–1792,5	1,19
2022	1764,4	1704,1–1857,4	1,89
Переваримость энергии (ПЭ), %			
2016	66,6	61,4–70,1	3,70
2017	60,6	56,8–64,5	2,74
2018	67,6	64,0–70,9	2,42
2019	62,0	57,0–69,1	3,66
2020	66,6	61,7–76,2	4,82
2021	67,7	61,9–71,5	3,12
2022	63,0	56,6–66,4	3,29
Концентрация переваримой энергии (КПЭ), кДж/кг			
2016	1143,04	1041,43–1215,09	3,74
2017	1034,65	956,80–1096,29	3,10
2018	1139,00	1074,18–1197,00	2,54
2019	1042,46	944,74–1176,76	4,20
2020	1125,95	1052,42–1272,65	4,12
2021	1186,33	1093,64–1238,99	2,87
2022	1110,83	999,29–1191,31	3,61
Концентрация обменной энергии (КОЭ), кДж/кг			
2016	937,29	853,97–996,37	4,16
2017	848,41	784,58–898,96	3,40
2018	933,98	880,83–981,54	2,72
2019	854,82	774,69–964,94	4,15
2020	923,28	862,98–1043,57	5,31
2021	972,79	896,78–1015,97	3,46
2022	910,88	819,42–976,87	3,73

Оценивая влияние факторов на энергетическую питательность вегетативной массы овса в условиях Северного Зауралья, следует отметить существенную роль условий выращивания (среда). Доля влияния среды по всем показателям энергетической питательности была более 50,0%, Роль сорта была незначительной (2,93–7,53%). Однако отмечена существенная роль взаимодействия «генотип – среда» по большинству показателей – более 30,0% (табл. 9).

Многолетняя оценка энергетической питательности вегетативной массы селекционных образцов овса в конкурсном сортоиспытании позволила выделить перспективные сорта и линии для использования в кормовом поле. Они способны формировать в 1 кг сухого вещества 0,84–0,86 кормовых единиц (Vologzhanina et al., 2020) (табл. 10).

Обменная энергия в 100 кг сухого вещества данных образцов составила от 833,3 (ТМ 08-140-2) до 842,5 кДж

Таблица 9. Влияние факторов на энергетическую питательность вегетативной массы овса в условиях Северного Зауралья, 2016–2022 гг.**Table 9.** The effect of the factors on digestible energy value in the green biomass of oats under the conditions of the Northern Trans-Urals, 2016–2022

Показатели	Доля влияния, %			
	Генотип (А)	Среда (В)	Взаимодействие (АВ)	Ошибка
Овсяная кормовая единица (ОКЕ)	7,53	52,21	38,38	1,88
Обменная энергия (ОЭ), кДж	2,93	64,72	30,94	1,41
Валовая энергия (ВЭ), кДж	7,44	58,26	33,09	1,21
Переваримость энергии (ПЭ), %	6,14	59,56	30,79	3,51
Концентрация переваримой энергии (КПЭ), кДж/кг	5,96	62,15	28,31	3,59
Концентрация обменной энергии (КОЭ), кДж/кг	6,27	59,77	30,07	3,89

Таблица 10. Энергетическая питательность сухого вещества перспективных генотипов овса в условиях Северного Зауралья, 2016–2022 гг.**Table 10.** Digestible energy value in the dry matter of promising oat genotypes under the conditions of the Northern Trans-Urals, 2016–2022

Сорт, линия	ОКЕ _{крс}	ОЭ _{крс} , кДж	ВЭ _{крс} , кДж	ПЭ _{крс} , %	КПЭ _{крс} , кДж/кг	КОЭ _{крс} , кДж/кг
‘Талисман’ (ст.)	0,84	835,1	1707,9	64,9	1108,96	909,34
‘Мегион’	0,85	837,1	1708,1	65,0	1103,09	904,53
‘Отрада’	0,86	842,5	1728,9	64,3	1112,41	912,18
‘Фома’	0,86	840,4	1734,6	65,8	1141,36	935,91
‘Тоболяк’	0,85	835,5	1714,3	64,5	1105,82	906,77
‘Радужный’	0,84	835,2	1718,1	63,4	1099,81	901,84
‘Сириус’	0,84	839,1	1709,0	66,3	1133,38	929,37
ТМ 07-95-16	0,85	839,4	1721,5	63,5	1092,87	896,15
ТМ 08-140-2	0,84	833,3	1712,4	64,1	1098,46	900,73
Среднее	0,85	837,5	1717,2	64,6	1110,68	910,76
НСР ₀₅ (А сорт)	0,02	11,8	20,8	2,43	42,71	35,0
НСР ₀₅ (В среда)	0,01	10,6	18,6	2,04	35,73	29,3

‘Отрада’), валовая энергия – от 1708,1 (‘Мегион’) до 1734,6 кДж (‘Фома’). Переваримость энергии (ПЭ) была от 63,5 (ТМ 07-95-16) до 66,3% (‘Сириус’); концентрация переваримой энергии (КПЭ) – от 1092,87 (ТМ 07-95-16) до 1141,36 кДж/кг (‘Фома’), концентрация обменной энергии (КОЭ) – от 896,15 (ТМ 07-95-16) до 935,91 кДж/кг (‘Фома’).

Заключение

Продуктивность селекционных линий и сортов овса в зоне северной лесостепи Тюменской области зависела от ряда факторов. Решающее влияние на урожайность

зеленой массы, сбор сухого вещества и сбор питательных элементов оказали условия среды в период вегетации (доля их влияния составила 74,80–93,34%). Сортовые особенности не имели большого значения (доля влияния – 1,36–4,12%). По ряду показателей (сбор сырого протеина, сырого жира и сырой клетчатки) отмечалось существенное влияние генотип-средового взаимодействия (доля влияния – 10,15–13,26%).

Высокой кормовой продуктивностью (урожайность зеленой массы, сбор сухого вещества, сбор сырого и переваримого протеина) характеризовались сорта ‘Тоболяк’, ‘Радужный’ и ‘Сириус’. Они обеспечивали урожайность зеленой массы 29,36–32,34 т/га; сбор су-

хого вещества – 10,09–11,24 т/га; сбор сырого протеина – 0,807–0,822 т/га; сбор переваримого протеина – 0,597–0,608 т/га. Высокий сбор сырого (0,810–0,858 т/га) и переваримого (0,600–0,635 т/га) протеина обеспечивали сорта 'Отрада', 'Мегион' и 'Фома'. Кроме того, сорт 'Фома' в большинстве случаев имел нормальное протеиновое отношение (6–8).

Энергетическая питательность вегетативной массы овса в условиях Северного Зауралья существенно зависела от условий выращивания (доля влияния – 52,21–64,72%) и взаимодействия «генотип – среда» (доля влияния – 28,31–38,38%). Роль генотипа была незначительной (2,93–7,53%). Лучшими по энергетической питательности были сорта 'Мегион', 'Отрада', 'Фома', 'Тобояк' и линия ТМ 07-95-16. Они обеспечивали в 1 кг сухого вещества 0,85–0,86 овсяных кормовых единиц (ОКЕ). Обменная энергия (ОЭ) в 100 кг сухого вещества данных образцов составила 835,5–842,5 кДж, валовая (ВЭ) – 1708,1–1734,6 кДж; переваримость энергии (ПЭ) была 63,5–65,8%; концентрация переваримой энергии (КПЭ) – 1092,87–1141,36 кДж/кг; концентрация обменной энергии (КОЭ) – 896,15–935,91 кДж/кг.

References / Литература

- Andreeva O.T., Pilipenko N.G. Productivity of pea-oats mixture as influenced by on meadow-chernozem in Eastern Trans-Baikal. *Fodder Production*. 2017;(10):16-20. [in Russian] (Андреева О.Т., Пилипенко Н.Г. Продуктивность горохо-овсяной смеси при разном уровне минерального питания на лугово-чернозёмной почве Восточного Забайкалья. *Кормопроизводство*. 2017;(10):16-20).
- Baykalova L.P. Advanced technologies in Siberian fodder production: monograph (Pederovye tekhnologii v Sibirskom kormoproizvodstve: monografiya). Krasnoyarsk: Krasnoyarsk State Agrarian University; 2022. [in Russian] (Байкалова Л.П. Передовые технологии в Сибирском кормопроизводстве: монография. Красноярск: Красноярский государственный аграрный университет; 2022).
- Chawla K., Poonia A., Kumar S. Recent advances in yield and quality of dual purpose oat. *Forage Research*. 2022;47(4):383-389.
- Devi R., Sood V., Chaudhary H.K., Kumari A., Sharma A. Identification of promising and stable genotypes of oat (*Avena sativa* L.) for green fodder yield under varied climatic conditions of north-western Himalayas. *Range Management and Agroforestry*. 2019;40(1):67-76.
- Federal State Statistics Service: [website]. [in Russian] (Федеральная служба государственной статистики: [сайт]). URL: <https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/fSLOC1s0/Vall-2020.rar> [дата обращения: 12.10.2021].
- Fodders of Siberia – composition and nutritional value: guidelines (Korma Sibiri – sostav i pitatel'nost: metodologicheskiye rekomendatsii). Novosibirsk: VASKhNIL Siberian Branch; 1988. [in Russian] (Корма Сибири – состав и питательность: методические рекомендации. Новосибирск: Сибирское отделение ВАСХНИЛ; 1988).
- GOST 23740-79. USSR State Standard. Soils. Methods of laboratory determination of organic composition. Moscow: Publishers of Standards; 1987. [in Russian] (ГОСТ 23740-79. Государственный стандарт. Грунты. Методы лабораторного определения содержания органических веществ. Москва: Издательство стандартов; 1987). URL: <https://meganorm.ru/Data2/1/4294853/4294853425.pdf> [дата обращения: 05.07.2023].
- GOST 31675-2012. Interstate standard. Feeds. Methods for determination of crude fibre content with intermediate filtration. Moscow: Standartinform; 2020. [in Russian] (ГОСТ 31675-2012. Межгосударственный стандарт. Корма. Методы определения содержания сырой клетчатки с применением промежуточной фильтрации. Москва: Стандартинформ; 2020). URL: <https://meganorm.ru/Data/527/52702.pdf> [дата обращения: 05.07.2023].
- Guidelines for conducting field experiments with fodder crops at the V.R. Williams All-Russian Research Institute of Fodders (Metodicheskiye ukazaniya po provedeniyu polevykh opytov s kormovymi kulturami VNII kormov imeni V.R. Vilyamsa). Moscow; 1987. [in Russian] (Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами ВНИИ кормов имени В.Р. Вильямса. Москва; 1987).
- Kadam S.S., Solanki N.S., Mohd A., Dashora L.N., Mundra S.L., Upanhyay B. Productivity and quality of fodder oats (*Avena sativa* L.) as influenced by sowing time, cutting schedules and nitrogen levels. *Indian Journal of Animal Nutrition*. 2019;36(2):179-186. DOI: 10.5958/2231-6744.2019.00030.6
- Kosolapov V.M., Cherniavskih V.I., Kostenko S.I. Fundamentals for forage crop breeding and seed production in Russia. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2021;25(4):401-407. DOI: 10.18699/VJ21.044
- Polonskiy V.I., Surin N.A., Gerasimov S.A., Lipshin A.G., Sumina A.V., Zute S. The study of oat varieties (*Avena sativa* L.) of various geographical origin for grain quality and productivity. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2019;23(6):683-690. [in Russian] (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;23(6):683-690). DOI: 10.18699/VJ19.541
- Samal R.P., Nanda G., Kumar M., Sattar A. Yield, quality and profitability of fodder oat varieties in response to different dates of sowing. *Forage Research*. 2023;48(4):477-481.
- Trifuntova I.B., Aseeva T.A. Fodder productivity of oats varieties and lines in competitive variety trial in the Far East agro-climatic conditions. *Vestnik of the Russian Agricultural Science*. 2021;(3):50-53. [in Russian] (Трифунтова И.Б., Асеева Т.А. Кормовая продуктивность сортов и линий овса конкурсного сортоиспытания в агроклиматических условиях Дальнего Востока. *Вестник российской сельскохозяйственной науки*. 2021;(3):50-53). DOI: 10.30850/vrsn/2021/3/50-53
- Vologzhanina E.N., Batalova G.A., Zhuravleva G.P. Fodder productivity of chaffy oats in the Volga-Vyatka region. *Achievements of Science and Technology of AIC*. 2020;34(4):36-40. [in Russian] (Вологжанина Е.Н., Баталова Г.А., Журавлёва Г.П. Кормовая продуктивность пленчатого овса в условиях Волго-Вятского региона. *Достижения науки и техники АПК*. 2020;34(4):36-40). DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10407
- Voytutskaaya N.P., Loskutov I.G. Breeding value of European oat accessions in the environments of Kuban Experiment Station of VIR. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2019;180(1):52-58. [in Russian] (Войтуцкая Н.П., Лоскутов И.Г. Селекционная ценность европейских образцов овса в условиях Кубанской опытной станции ВИР. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2019;180(1):52-58). DOI: 10.30901/2227-8834-2019-1-52-58

Yusova O.A., Nikolaev P.N., Safonova I.V., Aniskov N.I. Changes in oat grain yield and quality with increased adaptability of cultivars. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2020;181(2):42-49. [in Russian] [Юсова О.А., Николаев П.Н., Сафонова И.В., Аниськов Н.И. Изменение урожайности и качества зерна овса с повышением адаптивности сортов. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2020;181(2):42-49).

DOI: 10.30901/2227-8834-2020-2-42-49
Zoning of crop cultivars and variety testing results for Tyumen Province in 2021 (Sortovoye rayonirovaniye selskokozyaystvennykh kultur i rezultaty sortoispytaniya po Tyumenskoj oblasti za 2021 god). Tyumen: Akita; 2021. [in Russian] (Сортовое районирование сельскохозяйственных культур и результаты сортоиспытания по Тюменской области за 2021 год. Тюмень: Акита; 2021).

Информация об авторах

Мария Николаевна Фомина, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, Федеральный исследовательский центр Тюменский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук, 625026 Россия, Тюмень ул. Малыгина, 86, maria_f72@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2923-9448>

Юлия Семеновна Иванова, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник, Федеральный исследовательский центр Тюменский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук, 625026 Россия, Тюмень ул. Малыгина, 86, averyasova-ulyi@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3376-490X>

Николай Александрович Брагин, научный сотрудник, Федеральный исследовательский центр Тюменский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук, 625026 Россия, Тюмень ул. Малыгина, 86, nikolaj.bragin.87@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3038-7352>

Мария Владимировна Брагина, младший научный сотрудник, Федеральный исследовательский центр Тюменский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук, 625026 Россия, Тюмень ул. Малыгина, 86, masha.bragina22@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3156-8574>

Information about the authors

Maria N. Fomina, Cand. Sci. (Agriculture), Leading Researcher, Tyumen Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 86 Malygina St., Tyumen 625026, Russia, maria_f72@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2923-9448>

Yulia S. Ivanova, Cand. Sci. (Agriculture), Researcher, Tyumen Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 86 Malygina St., Tyumen 625026, Russia, averyasova-ulyi@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3376-490X>

Nikolay A. Bragin, Researcher, Tyumen Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 86 Malygina St., Tyumen 625026, Russia, nikolaj.bragin.87@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3038-7352>

Maria V. Bragina, Associate Researcher, Tyumen Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 86 Malygina St., Tyumen 625026, Russia, masha.bragina22@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3156-8574>

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests: the authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 29.02.2024; одобрена после рецензирования 06.05.2024; принята к публикации 05.06.2024. The article was submitted on 29.02.2024; approved after reviewing on 06.05.2024; accepted for publication on 05.06.2024.