

Вестник Курганской ГСХА. 2022. № 4 (44). С. 3-11

Vestnik Kurganskoy GSNA. 2022; (4-44): 3-11

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Научная статья

УДК 631.82(470.54/.56+.58)

Код ВАК 4.1.1

DOI: 10.52463/22274227_2022_44_3

EDN: AMYSEP

АГРОТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ПЛАНИРУЕМУЮ УРОЖАЙНОСТЬ ОВСА В СЕВЕРНОМ ЗАУРАЛЬЕ

Дмитрий Иванович Ерёмин¹✉, Валерий Анатольевич Антропов², Диана Васильевна Ерёмкина³, Мария Николаевна Моисеева⁴

¹Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Северного Зауралья – филиал Федерального исследовательского центра «Тюменский научный центр» СО РАН, Московский, Россия

^{2, 3, 4}Государственный аграрный университет Северного Зауралья, Тюмень, Россия

¹soil-tyumen@yandex.ru✉, <https://orcid.org/0000-0002-3672-6060>

²antropovva@gausz.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5467-2222>

³ereminadv@gausz.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3595-8289>

⁴moiseeva.mn@asp.gausz.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7921-3767>

Аннотация. Исследования по оценке эффективности внесения различных доз удобрений на планируемую урожайность овса проводились в лесостепной зоне Зауралья Тюменской области на опытном поле ФГБОУ ВО «ГАУ Северного Зауралья». В опыте изучали 4 уровня агрофона, которые создавали путем внесения удобрений: средний ($N_{60}P_{20}$); повышенный ($N_{90}P_{40}$); высокий ($N_{150}P_{60}$) и очень высокий ($N_{200}P_{80}$). Дозы удобрений были рассчитаны на планируемую урожайности: 3,0; 4,0 5,0 и 6,0 т/га овса. Высевали три сорта Тюменской селекции: Талисман; Отрада и Фома. Установлено, что на естественном агрофоне формируется минимальный урожай от 1,72-2,05 т/га. Внесение удобрений $N_{90}P_{40}$ и $N_{150}P_{60}$ увеличивают урожайность сортов Отрада и Фома до 5,24 и 5,34 т/га соответственно. Сорт Талисман характеризовался меньшей урожайностью – 4,49 т/га. Дальнейшее повышение уровня минерального питания оказало положительное влияние только в отдельные годы. Окупаемость удобрений зерном при увеличении доз снижается с 18-19 до 10-12 кг. Наиболее эффективно использует питательные вещества из удобрений сорт Фома. При отсутствии удобрений содержание протеина в зерне варьирует по сортам от 6,7 до 7,3 %. Внесение $N_{60}P_{20}$ не оказывает существенного влияния на содержание протеина в зерне. На повышенном и высоком агрофоне содержание протеина увеличивается до 10,4 % в зерне сортов Отрада и Фома. Сорт Талисман характеризуется меньшим содержанием протеина – 8,6 %. Дальнейшее повышение уровня минерального питания ($N_{200}P_{80}$) не оказывает положительного влияния. На естественном агрофоне выход кормопротеиновых единиц составляет 1,4-1,7 тыс./га. Внесение возрастающих доз удобрений обеспечивает увеличение выхода кормопротеиновых единиц до 5,1-5,2 тыс./га сортов Отрада и Фома. Сорт Талисман проигрывает им на повышенном и высоком агрофоне (4,0 тыс./га). Сорта овса Отрада и Фома рекомендуются для предприятий, которые используют интенсивные технологии возделывания овса в Северном Зауралье.

Ключевые слова: овёс (*Avena sativa* L.), агрофон, минеральные удобрения, протеин, кормопротеиновые единицы, сорт, Талисман, Фома, Отрада, эффективность выращивания.

Для цитирования: Ерёмин Д.И., Антропов В.А., Ерёмкина Д.В., Моисеева М.Н. Агротехнологическая оценка эффективности применения минеральных удобрений на планируемую урожайность овса в Северном Зауралье // Вестник Курганской ГСХА. 2022. № 4 (44). С. 3-11. https://doi.org/10.52463/22274227_2022_44_3

Scientific article

AGROTECHNOLOGICAL ASSESSMENT OF THE EFFECTIVENESS OF THE USE OF MINERAL FERTILIZERS TO THE PLANNED YIELD OF OATS IN THE NORTHERN TRANS-URALS

Dmitry I. Eremin¹✉, Valery A. Antropov², Diana V. Eremina³, Maria N. Moiseeva⁴

¹Research Institute of Agriculture of the Northern Trans-Urals – branch of the Federal Research Center of the Tyumen Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Moskovsky, Russia

^{2, 3, 4}State Agrarian University of the Northern Trans-Urals, Tyumen, Russia

¹soil-tyumen@yandex.ru✉, <https://orcid.org/0000-0002-3672-6060>

²antropovva@gausz.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5467-2222>

³ereminadv@gausz.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3595-8289>

⁴moiseeva.mn@asp.gausz.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7921-3767>

Abstract. The purpose of the study is to evaluate the effectiveness of applying various doses of fertilizers on the planned yield of oats. In the experiment, 4 levels of the agricultural background were studied, which were created by applying fertilizers: medium ($N_{60}P_{20}$); elevated ($N_{90}P_{40}$); high ($N_{150}P_{60}$) and very high ($N_{200}P_{80}$). The doses of fertilizers were calculated for the planned yields: 3.0; 4.0 5.0 and 6.0 t/ha of oats. Three varieties of Tyumen selection were sown: Talisman; Otrada and Foma. The research was carried out in the forest-steppe zone of the Trans-Urals. It is established that a minimum yield of 1.72-2.05 t/ha is formed on a natural background. Application of fertilizers $N_{90}P_{40}$ and $N_{150}P_{60}$ increase the yield of varieties Otrada and Foma to 5.24 and 5.34 t/ha, respectively. The Talisman variety was characterized by a lower yield – 4.49 t/ha. Further increase in the level of mineral nutrition had a positive impact only in some years. The payback of fertilizers by grain with increasing doses decreases from 18-19 to 10-12 kg. The Foma variety uses nutrients from fertilizers most effectively. In the absence of fertilizer, the protein content of the grain varies by variety from 6.7 to 7.3 %. The introduction of $N_{60}P_{20}$ does not significantly affect the protein content in the grain. At an elevated and high agricultural background, the protein content increases to 10.4 % in the grain of the Otrada and Foma varieties. The Talisman variety is characterized by a lower protein content – 8.6 %. Further increase in the level of mineral nutrition ($N_{200}P_{80}$) does not have a positive effect. The yield of fodder-protein units is 1.4-1.7 thousand/ha on a natural agro-landscape. The application of increasing doses of fertilizers provides an increase in the yield of fodder-protein units to 5.1-5.2 thousand/ha of the Otrada and Foma varieties. The Talisman variety loses to them at an elevated and high agricultural background (4.0 thousand / ha). The Otrada and Foma varieties are recommended for enterprises that use intensive oat cultivation technologies in the Northern Trans-Urals.

Keywords: oats (*Avena sativa* L.), agricultural background, mineral fertilizers, protein, fodder protein units, variety, Talisman, Foma, Otrada, cultivation efficiency.

For citation: Eremin D.I., Antropov V.A., Eremina D.V., Moiseeva M.N. Agrotechnological assessment of the effectiveness of the use of mineral fertilizers on the planned yield of oats in the Northern Trans-Urals. Vestnik Kurganskoy GSHA. 2022; (4-44): 3-11. https://doi.org/10.5246/3/22274227_2022_44_3. (In Russ).

Введение. Для оценки эффективности использования минеральных удобрений на планируемую урожайность обычно используют агрономические и экономические показатели [1]. Сочетание этих показателей позволяет выявить оптимальные уровни минерального питания, которые могут быть использованы при выращивании сельскохозяйственных культур на разные цели [2-3]. Основными показателями агрономической эффективности являются:

- прибавка урожайности, выражаемая как в вековом эквиваленте, так и в процентном соотношении по сравнению с контролем (базовой урожайностью предприятия);

- доля участия удобрений в формировании урожая рассчитывается как прибавка урожая в процентном отношении относительно контроля;

- окупаемость удобрений прибавкой урожая, расчет которой проводится по отношению прибавки зерна с единицы площади на общее количество удобрений в действующем веществе;

- качество товарной продукции. Для зерновых данный показатель обычно сопоставляют с содержанием клейковины, протеина, массы 1000 семян и природы зерна. Также могут быть использованы специфические показатели для зерна целевого назначения. К примеру, содержание масла в зерне; энергия прорастания; наличие или отсутствие каких-либо веществ [4-5].

Использование агрономических показателей позволяет произвести оценку эффективности по абсолютным величинам, значения которых не имеют большой вариабельности во временном промежутке. Это обеспечивает достоверность и актуальность данных, полученных за десятки лет исследований [6].

Система удобрений в современном сельском хозяйстве – это единственный низкоэнергетический способ серьезного повышения продуктивности пашни. Ни один из элементов технологии возделывания, в настоящее время, не может сравниться

по скорости и объемам получения продукции [7]. Однако необходимо помнить, что максимальный эффект, обуславливающий оптимизацию системы минерального питания растений возможен только при комплексном научно-обоснованном подходе. В противном случае следует ожидать экономический или экологический кризис вплоть до банкротства предприятия и экологической катастрофы [8].

Целью исследований была оценка агротехнологической эффективности внесения минеральных удобрений под сорта тюменской селекции в условиях Северного Зауралья. Для достижения цели необходимо было решить ряд задач: изучить формирование урожайности сортов овса тюменской селекции на различных уровнях агрофона; рассчитать окупаемость удобрений зерном овса; определить степень влияния удобрений на накопление в зерне сырого протеина; произвести оценку эффективности внесения минеральных удобрений на планируемые урожаи сортов овса Талисман, Отрада и Фома по выходу кормопротеиновых единиц.

Материалы и методы. Исследования, по агротехнологической оценке действия возрастающих доз минеральных удобрений на планируемую урожайность овса Тюменской селекции проводили на опытном поле Государственного аграрного университета Северного Зауралья, которое расположено в лесостепной зоне Зауралья, вблизи д. Утёшево Тюменского района. В опыте предусматривали внесение четырех доз минеральных удобрений, рассчитанных на получение следующих урожаев: 3,0 т/га зерна ($N_{60}P_{20}$); 4,0 т/га ($N_{90}P_{40}$); 5,0 т/га ($N_{150}P_{60}$) и 6,0 т/га зерна ($N_{200}P_{80}$ кг/га действующего вещества). В качестве контроля использовали вариант без удобрений, где урожай формировался за счет естественного плодородия пашни. Дозы удобрений рассчитывали методом элементного баланса с учетом фактического содержания почвенных запасов питательных веществ в слое 0-40 см. Расчет доз проводили ежегодно, перед началом весенних посевных работ. Более под-

робный расчет доз удобрений представлен в работе Д.И. Ерёмкина и М.Н. Моисеевой [9].

В опыте использовали следующие сорта овса Тюменской селекции (НИИСХ Северного Зауралья): Талисман, Отрада и Фома. Подробная характеристика сортов и их родословные представлены в ранее опубликованной литературе [10-12]. Сорта относятся к разновидности *mutica*.

Почва опытного участка – чернозем выщелоченный тяжелосуглинистый, сформировавшийся на карбонатном покровном суглинке. По морфологическим признакам, агрофизическим, агрохимическим и физико-химическим свойствам соответствует черноземным почвам Западной Сибири [13-15]. Почва характеризовалась низкой обеспеченностью нитратным азотом; средней – подвижным фосфором и высокой – подвижным калием. Содержание гумуса в пахотном слое (30 см) составляло 8,19 %. Обменная кислотность – 5,5-5,6 ед.; гидролитическая кислотность – 2,5-2,6 ммоль / 100 г почвы; степень насыщенности – 95 % от емкости катионного обмена. Черноземные почвы Северного Зауралья характеризуются высокими запасами калия, которого достаточно для получения урожайности вплоть до 6,0 т/га зерновых культур. Поэтому в опыте калийные удобрения не применяли. Для расчета доз удобрений были взяты коэффициенты использования питательных веществ из почвы и удобрений, рекомендуемые для Северного Зауралья [18]. Опыты проводили в зернопаровом севообороте (горохо-овсяная смесь – яровая пшеница – овёс). Система основной обработки отвальная с соответствующими ей технологическими операциями [16]. Площадь делянки 100 м² (4 × 25 м). Размещение делянок – последовательное, в четырехкратном повторении. Посевные работы проводили в один день (предпосевная культивация, посев, прикатывание) в третьей декаде мая. Норма высева – 5,5 млн/га всхожих зерен. Глубина посева – 7 см. Система защиты растений общепринятая для лесостепной зоны Зауралья [16]. Перед уборкой, с каждой делянки отбирали снопы на площади 1 м² в двукратной повторности (8 снопов на каждом варианте). Определяли массу зерна и соломы и из каждого снопа проводили отбор зерна и соломы для агрохимического анализа. Определение сырого протеина проводили путем перерасчета содержания общего азота в зерне, который определяли методом мокрого озоления в серной кислоте на приборе Kjeltec. Выход кормопротеиновых единиц рассчитывали по методике, представленной в работе В.С. Лень и В.В. Гливенко [17].

Полученные результаты подвергались статистической обработке и дисперсионному анализу с использованием программных продуктов Microsoft Excel и Statistica 10. Достоверность полученных результатов проверялась по критерию Стьюдента

при 5-ти % уровне значимости.

Погодные условия в годы проведения исследований имели ряд существенных отличий, которые обусловили формирование разной урожайности на вариантах. 2020 год характеризовался как умеренно сухой с жаркой погодой вплоть до уборочных работ. С мая по сентябрь выпало 73 % от нормы. Температура воздуха в период вегетации овса варьировала от 17 до 20 °С. Запасы продуктивной влаги в первой половине вегетации были на уровне 140 мм в метровом слое, что соответствовало хорошей влагообеспеченности.

Начало посевных работ в 2021 году пришлось на период с жаркой погодой и сильными ветрами, что привело к очень быстрому иссушению пахотного горизонта. Посев овса вели при остром дефиците продуктивной влаги в пахотном горизонте. Вегетация овса протекала в условиях крайне жесткой засухи, вызванной отсутствием осадков и высокой температурой воздуха, которая в отдельные дни достигала 45 °С. С мая по сентябрь выпало 94 мм осадков, что составляет 45 % от нормы.

Весна 2022 года началась с резкого потепления и отсутствия дождей, что с учетом погодных условий прошлого года прогнозировало острый дефицит влаги и минимальный урожай. Однако начавшиеся во 2 декаде мая проливные дожди обеспечили хороший влагозапас в пахотном слое и благоприятно отразились на всходах зерновых культур. Кущение проходило в условиях пониженной температуры и обильных осадков, что дало возможность развиваться растениям и заложить высокий урожай. В июле наступила жаркая погода с редкими дождями ливневого характера. Это обеспечило благоприятные условия во время цветения овса и его налива. За период с мая по сентябрь выпало 200 мм осадков, что соответствовало норме.

Результаты исследований и их обсуждение. Изучаемые сорта овса на естественном агрофоне достоверно отличались по урожайности. Минимальный сбор зерна был у сорта Талисман – 1,72 т/га (рисунок 1). Благодаря более эффективному поглощению питательных веществ из почвы, урожайность сортов овса Отрада и Фома была достоверно выше Талисмана и достигла 2,05 и 1,98 т/га. Прибавка составила 20 и 15 % соответственно, при НСР₀₅ равном 0,18 т/га. Внесение удобрений на планируемую урожайность зерна 3,0 т/га обеспечило получение прибавки 1,46...1,52 т/га, что соответствовало 63-85 % относительно контроля. Внесение удобрений в дозе N₉₀P₄₀ также положительно повлияло на урожайность овса. С этого уровня стало очевидным преимущество сортов овса Отрада и Фома относительно Талисмана. Разница в урожайности составила 10 и 12 % соответственно.

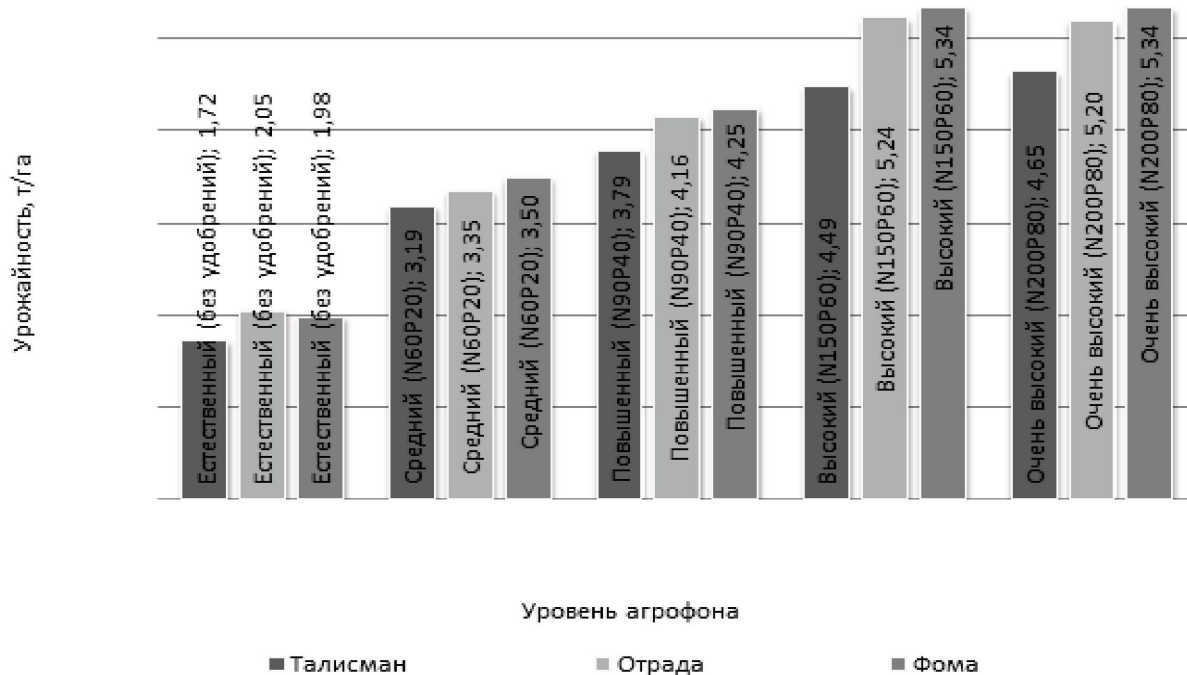


Рисунок 1 – Урожайность сортов овса при различном уровне минерального питания, т/га, 2020-2022 гг.

Повышение уровня минерального питания путем внесения $N_{150}P_{60}$ должно было обеспечить формирование урожая 5,0 т/га овса. Получение такой урожайности сопряжено с рядом трудностей. Прежде всего необходимо иметь достаточные запасы продуктивной влаги и относительно влажную первую половину вегетации овса. По данным исследователей, в Северном Зауралье на черноземных почвах запасов воды и осадков первой половины лета достаточно для формирования 4,5 т/га зерна [18]. Поэтому важную роль, наряду с удобрениями, будут играть технологии обработки почвы, направленные на максимальное сохранение влаги. Прибавка относительно контроля составила: по Талисману – 2,77 (161 %); Отраде – 3,19 (156 %) и Фоме – 3,36 т/га (170 %).

Дальнейшее повышение уровня минерального питания ($N_{200}P_{80}$) в среднем за годы исследований не привело к повышению урожайности до 6,0 т/га. Однако в 2022 году, который в первой половине вегетации был прохладным и влажным, урожайность по сортам овса составила: Талисман – 6,03 т; Отрада – 6,34; Фома – 6,88 т/га зерна, что сразу показывает неравнозначность сортов овса Тюменской селекции на высоких уровнях агрофона.

Сравнительный анализ прибавки урожая, выраженной в процентном отношении, показал, что внесение минеральных удобрений в условиях лесостепной зоны Зауралья обеспечивает получение достаточно большой прибавки урожая. На варианте с внесением удобрений $N_{60}P_{20}$ прибавка по сортам варьировала от 63 до 85 % относительно контроля (рисунок 2). На варианте с максимальным уровнем минерального питания ($N_{200}P_{80}$) сорта

овса Талисман и Фома были равнозначны и сформировали прибавку урожая 170 %, тогда как Отрада имела достоверно меньшую прибавку – 154 %.

Наиболее наглядно эффективность удобрений прослеживается по окупаемости 1 кг действующего вещества удобрений, который отражает генетическую эффективность поглощения сорта.

На варианте с внесением $N_{60}P_{20}$ кг/га, которая соответствовала среднему уровню агрофона, на 1 кг внесенных удобрений формировалось дополнительно 16...19 кг зерна овса (рисунок 2). Это является достаточно высоким показателем среди зерновых культур. По исследованиям И.В. Давлятшина, окупаемость удобрений прибавкой яровой пшеницы варьирует в пределах 8-12 кг/кг д.в. [19]. Это также подтверждается исследованиями Д.И. Ерёмкина, которые он проводил в Тюменской области [20].

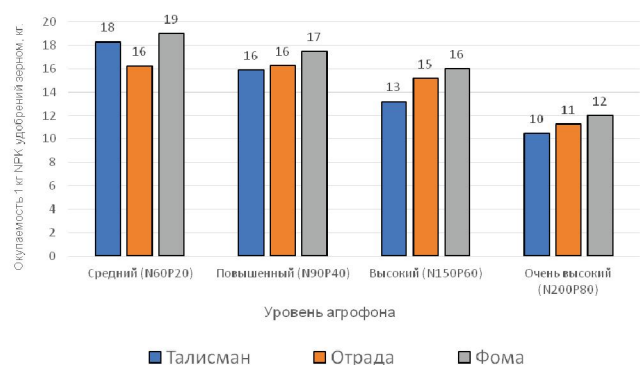


Рисунок 2 – Влияние уровня минерального питания на окупаемость 1 кг д.в. NPK зерном овса, кг

При планировании урожайности овса в 4,0 т/га ($N_{90}P_{40}$) окупаемость удобрений уменьшается до

16-17 кг зерна. Существенной разницы между сортами не обнаружено. Дальнейшее увеличение дозы удобрений ($N_{150}P_{60}$) привело к снижению данного показателя и выявило сортовые различия овса. Так, сорт Талисман характеризовался минимальной окупаемостью удобрений зерном – 13 кг. Сорта Отрада и Фома использовали удобрения более эффективно – 15 и 16 кг зерна на 1 кг действующего вещества удобрений соответственно. Это является обоснованием считать Отраду и Фому сортами интенсивного типа и рекомендовать их для хозяйств, активно использующих высокие дозы удобрений.

На варианте с очень высоким уровнем агрофона, рассчитанном на получение урожайности 6,0 т/га, эффективность удобрений оказалась минимальной среди изучаемых вариантов. Окупаемость зерном составила 10-12 кг. Среди сортов овса тюменской селекции выделился Фома, который при максимальном насыщении удобрениями более эффективно их использовал.

Минеральные удобрения, помимо повышения урожайности, оказывают серьезное влияние на качество зерна, в частности на содержание протеина. Многочисленными исследованиями доказано, что качество зерна повышается только при определенном уровне минерального питания и внесение необоснованно высоких или несбалансированных доз, не только ухудшает условия для формирования урожая, но и приводит к снижению показателей качества всех зерновых культур [21-23].

Несмотря на контрастные погодные условия в годы проведения опытов, было установлено, что естественное плодородие чернозема (контроль) обеспечивало накопление протеина в зерне овса на достаточно высоком уровне – 6,7-7,3 % (таблица). Разница между сортами была в пределах ошибки опыта – НСР₀₅ (фактор А) составил 0,6 %.

Таблица – Влияние удобрений на содержание протеина в зерне сортов овса Тюменской селекции, %, 2020-2022 гг., (\pm SE)

Сорт (фактор А)	Уровень минерального питания (фактор В)				
	Естественный (без удобрений)	Средний ($N_{60}P_{20}$)	Повышенный ($N_{90}P_{40}$)	Высокий ($N_{150}P_{60}$)	Очень высокий ($N_{200}P_{80}$)
Талисман	6,7 \pm 0,4	7,3 \pm 0,7	8,2 \pm 0,7	8,6 \pm 0,5	8,1 \pm 1,2
Отрада	7,3 \pm 0,2	7,3 \pm 0,2	9,5 \pm 0,3	10,4 \pm 0,4	9,9 \pm 0,3
Фома	6,7 \pm 0,1	7,9 \pm 0,2	9,0 \pm 0,4	10,4 \pm 1,0	10,5 \pm 1,2
НСР ₀₅ для факторов: А=0,6; В=0,7; Взаимодействие АВ=0,9					

Внесение удобрений в дозе $N_{60}P_{20}$, как отмечалось выше, способствовало повышению уро-

жайности, но содержание протеина достоверно возросло только у сорта Фома – 7,9 \pm 0,2 (НСР₀₅ по фактору В равен 0,7 %). На остальных сортах изменения были в пределах стандартной ошибки и наименьшей существенной разницы. Отсутствие достоверного повышения содержания протеина в зерне Талисмана и Отрады обусловлено тем, что данные сорта использовали азот из почвы и удобрений преимущественно для формирования биомассы в первой половине вегетации. В ходе налива и созревания зерна сорт Фома поглощал азот из почвы более эффективно, что является его сортовой особенностью.

При повышенном уровне минерального питания ($N_{90}P_{40}$), который был рассчитан на получение 4,0 т/га зерна, содержание протеина возросло у всех сортов овса. Минимальное значение было зафиксировано у сорта Талисман – 8,2 \pm 0,7 %. В зерне Отрады и Фомы содержание протеина хоть и различалось, но в пределах ошибки опыта – 9,0-9,5 %. Повышение данного показателя было у Отрады и Фомы отмечено и на следующем варианте, где внесли удобрения в дозе $N_{150}P_{60}$ кг/га действующего вещества. При высоком уровне минерального питания было достигнуто максимальное содержание протеина – 10,4 %, что для условий Северного Зауралья является отличным результатом [24]. Дальнейшее повышение уровня минерального питания не оказало влияния на содержание протеина – отличия относительно предыдущего варианта были в пределах ошибки опыта (НСР₀₅=0,7). Поэтому можно утверждать, что в условиях лесостепи Зауралья протеиновый потенциал сорта Талисман не превышает 9,0 %, а у сортов Отрада и Фома – 11 %.

Необходимо отметить тот факт, что сорт Фома характеризовался довольно большой стандартной ошибкой (1,0 %) на высоких агрофонах. У Талисмана стандартная ошибка более 1 % была только на варианте с максимальным агрофоном ($N_{200}P_{80}$). Относительно этих сортов наиболее стабильным содержанием протеина было у сорта Отрада. Даже при внесении максимальных доз удобрений ее зерно характеризовалось стабильностью содержания протеина по годам. Данный факт указывает на то, что Отрада имеет более высокий приоритет при использовании на продовольственные цели.

Причиной серьезного варьирования содержания протеина по годам на высоких агрофонах является затягивание вегетации под действием удобрений. При среднем и повышенном уровне минерального питания это не заметно, но при более высоком агрофоне, зерно Талисмана и Фомы не успевает созреть на биохимическом уровне [25].

Для оценки совокупного эффекта количественного (урожайность) и качественного (протеин) показателей лучше проводить сравнительный анализ по выходу кормопротеиновых единиц [26].

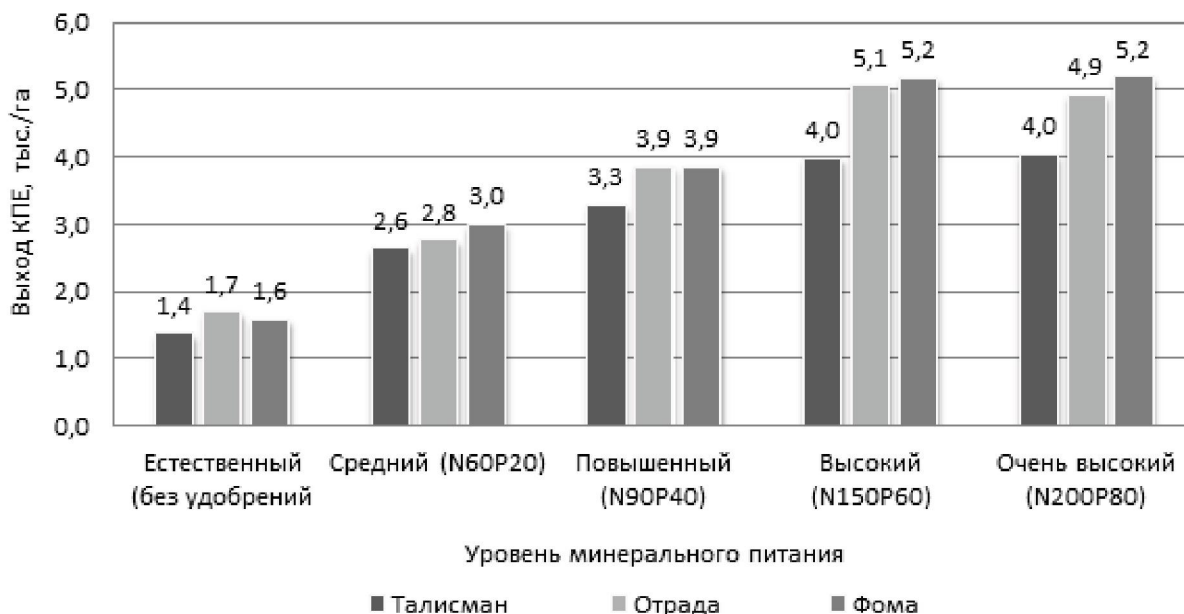


Рисунок 3 – Выход кормопротеиновых единиц (КПЕ) при выращивании овса на разных уровнях минерального питания, тыс./га, 2020-2022 гг. (HCP_{05} : для фактора А (сорт) – 0,2; для фактора В (удобрения) – 0,4; взаимодействие АВ – 0,7)

На варианте без внесения удобрений выход кормопротеиновых единиц (КПЕ) был минимальным у сорта Талисман – 1,4 тыс./га (рисунок 3). Современные сорта (Отрада и Фома) выделялись более высоким выходом КПЕ при тех же условиях выращивания. Внесение удобрений в дозах $N_{60}P_{20}$ и $N_{90}P_{40}$ обеспечило достоверное увеличение сбора кормопротеиновых единиц с единицы площади. И если на среднем агрофоне разницы значений между сортами не было, то уже на повышенном она проявилась и статистически доказана. Выход КПЕ у сортов Отрада и Фома составил 3,9 тыс./га, что на 18 % выше значений сорта Талисман.

Увеличение дозы удобрений на планируемую урожайность 5,0 т/га овса ($N_{150}P_{60}$) положительно отразилось на выходе КПЕ только у сортов Отрада и Фома – 5,1-5,2 тыс./га при отсутствии достоверной разницы. Сорт Талисман характеризовался отсутствием положительного эффекта от высоких доз удобрений.

Создание максимального агрофона ($N_{200}P_{80}$) не оказало влияния на выход кормопротеиновых единиц – значения оставались на уровне предыдущего варианта. Данный факт объясняется отсутствием прибавки урожая и содержанием протеина в зерне.

Заключение. Естественное плодородие черноземных почв лесостепной зоны Зауралья обеспечивает формирование урожая овса тюменской селекции на уровне 1,72-2,05 т/га зерна с содержанием протеина 6,7-7,3 %. Внесение минеральных удобрений формирует прибавку урожая на 85-170 % относительно контроля. Максимальная урожайность в опыте составила 5,34 т/га при внесении удобрений в дозе $N_{150}P_{60}$, рассчитанной на

получение планируемой урожайности 5,0 т/га для сорта Фома. Дальнейшее повышение уровня минерального питания имело положительный эффект как по прибавке урожая, так и по содержанию протеина в зерне.

Окупаемость минеральных удобрений зерном овса с повышением уровня минерального питания снижается с 16-19 до 10-12 кг. Наиболее эффективно использует питательные вещества из удобрений сорт Фома, отдача зерном на 1 кг д.в. вносимых удобрений которого на 1-3 кг выше чем у Талисмана и Отрады.

По выходу кормопротеиновых единиц с гектара посевов сорта овса тюменской селекции в максимальной степени раскрывают свой генетический потенциал при внесении удобрений на планируемую урожайность до 5,0 т/га зерна. Наиболее эффективно используют биоклиматический потенциал сорта Отрада и Фома. При отсутствии удобрений выход КПЕ составляет не более 1,7 тыс./га, тогда как на высоком уровне агрофона ($N_{150}P_{60}$) он достигает 5,2 тыс./га.

При выращивании зерна на продовольственные цели рекомендуется сорт Отрада, имеющий высокую стабильность по содержанию протеина и урожайности при разных погодных условиях. Для хозяйств с интенсивными технологиями возделывания зерновых культур рекомендуется сорт Фома как наиболее эффективно использующий биоклиматический потенциал региона.

Список источников

1. Информационная база результатов исследований для экономической оценки техноло-

гий выращивания сельскохозяйственных культур / Н.В. Степных [и др.] // Вестник Курганской ГСХА. 2021. № 4 (40). С. 15-21. DOI: 10.52463/2274227_2021_40_15.

2. Кирилов М.Н. Совершенствование методики оценки инновационного потенциала зернового производства // Вестник НГИЭИ. 2020. № 8 (111). С. 95-103. DOI: 10.24411/2227-9407-2020-10077.

3. Абрамов Н.В., Ерёмина Д.В., Ерёмин Д.И. Экономическая эффективность применения минеральных удобрений при возделывании яровой пшеницы в Северном Зауралье // Аграрный вестник Урала. 2010. № 2 (68). С. 47-50.

4. Першаков А.Ю., Демин Е.А. Урожайность и сбор масла горчицей и редькой масличной, возделываемой в лесостепной зоне Зауралья // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2022. № 3 (70). С. 29-33.

5. Ерёмина Д.В., Демин Е.А. Агроэкономическое обоснование выращивания кукурузы на зерно в лесостепной зоне Зауралья // Агропродовольственная политика России. 2016. № 12 (60). С. 27-30.

6. Логинов Ю.П., Казак А.А., Юдин А.А. Многобиотипные сорта – резерв устойчивого производства зерна яровой пшеницы в Сибири // Достижения науки и техники АПК. 2013. № 10. С. 25-28.

7. Абрамов Н.В., Шерстобитов С.В. Дифференцированное внесение удобрений с использованием спутниковой навигации // Агрохимия. 2018. № 9. С. 40-49. DOI: 10.1134/S000218811809003X.

8. Ерёмин Д.И., Уфимцева М.Г. Рациональное применение минеральных удобрений как фактор экологической безопасности агроценозов // Аграрный вестник Урала. 2013. № 12 (118). С. 63-66.

9. Ерёмин Д.И., Моисеева М.Н. Сортовая отзывчивость овса на минеральные удобрения в условиях Северного Зауралья // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2021. № 2 (88). С. 45-48.

10. 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.

11. Фомина М.Н., Брагин Н.А., Белоусов С.А. Влияние агротехнических приемов на формирование качества зерна у сортов овса в условиях Северного Зауралья // Достижения науки и техники АПК. 2021. Т. 35. № 11. С. 31-36. DOI: 10.53859/02352451_2021_35_11_31.

12. Элементы продуктивности и характер их наследования гибридами F1 овса ярового (*Avena sativa* L.) в Западной Сибири / Д.И. Ерёмин [и др.] // Достижения науки и техники АПК. 2022. Т. 36. № 7. С. 25-30. DOI: 10.53859/02352451_2022_36_7_25.

13. Eremina D.V., Eremin D.I. Fertility of agrogen-

ic and postagrogenic chernozems of Western Siberia [электронный ресурс] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: 12th International Scientific Conference on Agricultural Machinery Industry, INTERAGROMASH 2019. 2019. Vol. 403. P. 012173. DOI: 10.1088/1755-1315/403/1/012173. EDN: BLPSIZ. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/403/1/012173> (дата обращения: 12.08.2022).

14. Абрамов Н.В., Ерёмин Д.И. Морфогенетические особенности черноземных почв Восточной окраины зауральской лесостепи // Аграрный вестник Урала. 2008. № 2 (44). С. 62-64.

15. Кураченко Н.Л., Демьяненко Т.Н., Колесник А.А. Современное состояние плодородия агроchernоземов Красноярской лесостепи как основа рационального землепользования // Вестник КрасГАУ. 2021. № 5 (170). С. 28-36. DOI: 10.36718/1819-4036-2021-5-28-36.

16. Перфильев Н.В., Выюшина О.А., Тимофеев В.Н. Усовершенствованные ресурсосберегающие системы основной обработки почвы и внесения удобрений для зоны северной лесостепи Северного Зауралья: методические рекомендации. Тюмень: Печатник, 2020. 52 с.

17. Лень В.С., Гливенко В.В. Анализ методик экономической оценки кормовых культур // Российское предпринимательство. 2018. Т. 19. № 1. С. 53-66. DOI: 10.18334/rp.19.1.38758.

18. Абрамов Н.В., Ерёмин Д.И. Проблемы получения максимально возможной урожайности яровой пшеницы в условиях Северного Зауралья // Аграрный вестник Урала. 2009. № 1 (55). С. 31-34.

19. Давлятшин И.Д., Лукманов А.А. Урожайность яровой пшеницы и окупаемость удобрений // Почвоведение и агрохимия. 2017. № 3. С. 68-75.

20. Ерёмин Д.И. Продуктивность зернового с занятым паром севооборота в условиях Северного Зауралья: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.01: утв. 15.07.02. Тюмень, 2002. 206 с.

21. Моисеева М.Н., Ерёмин Д.И. Проблема полегания и урожайности овса при различном уровне минерального питания в лесостепи Зауралья // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2022. № 4 (96). С. 46-50.

22. Казак А.А., Логинов Ю.П., Ерёмин Д.И. Влияние минеральных удобрений на урожайность и качество семян сортов пшеницы в северной лесостепи Тюменской области // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2019. Т. 20. № 3. С. 219-229. DOI: 10.30766/2072-9081.2019.20.3.219-229.

23. Белкина Р.И., Марикова М.И. Технологические и биохимические свойства зерна овса в условиях Северного Зауралья // Аграрный вестник Урала. 2009. № 5 (59). С. 55-56.

24. Eremin D.I., Moiseeva M.N., Lyubimo-

va A.V. The impact of mineral fertilizers on the consumption of mineral elements and the Siberian-bred oat grain [электронный ресурс] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2022. P. 012066. DOI: 10.1088/1755-1315/949/1/012066. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/949/1/012066> (дата обращения 12.08.2022).

25. Loskutov I.G. et al. Assessment of oat varieties with different levels of breeding refinement from the Vavilov Institute's collection applying the method of metabolomic profiling // Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding. 2022. Vol. 183. No 1. P. 104-117. DOI: 10.30901/2227-8834-2022-1-104-117.

26. Фаритов Т.А. К вопросу экономической оценки кормовых культур в современных условиях // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. 2011. № 9. С. 56-60.

References

1. Stepnykh N.V. et al. Informatsionnaya baza rezul'tatov issledovaniy dlya ekonomicheskoi otsenki tekhnologii vyrashchivaniya sel'skokhozyaistvennykh kul'tur [Information base of the research results for the economic assessment of agricultural cultivation technologies]. *Vestnik Kurganskoy GSXA*. 2021; (4-40): 15-21. DOI: 10.52463/22274227_2021_40_15. (In Russ).

2. Kirilov M.H. Sovershenstvovanie metodiki otsenki innovatsionnogo potentsiala zernovogo proizvodstva [Improving the methodology for assessing the innovative potential of grain production]. *Bulletin NGIEI*. 2020; (8-111): 95-103. DOI: 10.24411/2227-9407-2020-10077. (In Russ).

3. Abramov N.V., Eremina D.V., Eremin D.I. Ekonomicheskaya effektivnost' primeneniya mineral'nykh udobrenii pri vozdeleyanii yarovoi pshenitsy v Severnom Zaural'e [Economic efficiency of the use of mineral fertilizers in the cultivation of spring wheat in the Northern Trans-Urals]. *Agricultural Bulletin of the Ural*. 2010; (2-68): 47-50. (In Russ).

4. Pershakov A.Yu., Demin E.A. Urozhainost' i sbor masla gorchitsej i red'koi maslichnoi, vozdeleyvaemoj v lesostepnoi zone Zaural'ya [Yield and oil harvesting by mustard and oilseed radish cultivated in the forest-steppe zone of the Trans-Urals]. *Bulletin of Michurinsk State Agrarian University*. 2022; (3-70): 29-33. (In Russ).

5. Eremina D.V., Demin E.A. Agroekonomicheskoe obosnovanie vyrashchivaniya kukuruzy na zerno v lesostepnoi zone Zaural'ya [Agroeconomical justification of growing corn for grain in the forest-steppe zone of the Trans-Urals]. *Agro-food policy in Russia*. 2016; (12-60): 27-30. (In Russ).

6. Loginov Yu.P., Kazak A.A., Yudin A.A. Mno-

gobiotipnye sorta – rezerv ustoichivogo proizvodstva zerna yarovoi pshenitsy v Sibiri [Multibiototype varieties – a reserve for sustainable production of spring wheat grain in Siberia]. *Achievements of science and technology in agro-industrial complex*. 2013; (10): 25-28. (In Russ).

7. Abramov N.V., Sherstobitov S.V. Differentsirovannoe vnesenie udobrenii s ispol'zovaniem sputnikovoi navigatsii [Differentiated application of fertilizers using satellite navigation]. *Agrohimia*. 2018; (9): 40-49. DOI: 10.1134/S000218811809003X. (In Russ).

8. Eremin D.I., Ufimtseva M.G. Ratsional'noe primeneniye mineral'nykh udobrenii kak faktor ekologicheskoi bezopasnosti agrotsenozov [Rational use of mineral fertilizers as a factor of ecological safety of agrocenoses]. *Agricultural Bulletin of the Ural*. 2013; (12-118): 63-66. (In Russ).

9. Eremin D.I., Moiseeva M.N. Sortovaya otzyvchivost' ovsa na mineral'nye udobreniya v usloviyakh Severnogo Zaural'ya [Varietal responsiveness of oats to mineral fertilizers in the conditions of the Northern Trans-Urals]. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2021; (2-88): 45-48. (In Russ).

10. Lyubimova A.V. et al. Katalog biokhimicheskikh pasportov sortov ovsa posevnogo sibirskoi selektsii [Catalogue of biochemical passports of varieties of oats of Siberian breeding]. *The Bulletin of KrasGAU*. 2022; (5-182): 73-83. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-5-73-83. (In Russ).

11. Fomina M.N., Bragin N.A., Belousov S.A. Vliyaniye agrotekhnicheskikh priemov na formirovaniye kachestva zerna u sortov ovsa v usloviyakh Severnogo Zaural'ya [The influence of agrotechnical techniques on the formation of grain quality in oat varieties in the conditions of the Northern Trans-Urals]. *Achievements of science and technology in agro-industrial complex*. 2021; (35-11): 31-36. DOI: 10.53859/02352451_2021_35_11_31. (In Russ).

12. Eremin D.I. et al. Elementy produktivnosti i kharakter ikh nasledovaniya gibridami F1 ovsa yarovogo (*Avena sativa* L.) v Zapadnoi Sibiri [Elements of productivity and the nature of their inheritance by F1 hybrids of spring oats (*Avena sativa* L.) in Western Siberia]. *Achievements of science and technology in agro-industrial complex*. 2022; (36-7): 25-30. DOI: 10.53859/02352451_2022_36_7_25. (In Russ).

13. Eremina D.V., Eremin D.I. Fertility of agrogenic and postagrogenic chernozems of Western Siberia [electronic resource]. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: 12th International Scientific Conference on Agricultural Machinery Industry, INTERAGROMASH 2019*. 2019; (403): 012173. DOI: 10.1088/1755-1315/403/1/012173. EDN BLPSIZ. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/403/1/012173> (accessed: 12.08.2022).

14. Abramov N.V., Eremin D.I. Morfogeneticheskie osobennosti chernozemnykh pochv Vostochnoi okrainy zaural'skoi lesostepi [Morphogenetic features of chernozem soils of the Eastern outskirts of the Trans-Ural forest-steppe]. *Agricultural Bulletin of the Ural*. 2008; (2-44): 62-64. (In Russ).
15. Kurachenko N.L., Demyanenko T. N., Koleznik A.A. Sovremennoe sostoyanie plodorodiya agrochernozemov Krasnoyarskoi lesostepi kak osnova ratsional'nogo zemlepol'zovaniya [The current state of fertility of agrochernozems of the Krasnoyarsk forest-steppe as the basis of rational land use]. *The Bulletin of KrasGAU*. 2021; (5-170): 28-36. DOI:10.36718/1819-4036-2021-5-28-36. (In Russ).
16. Perfiliev N.V., Vyushina O.A., Timofeev V.N. *Usovershenstvovannyye resursosberegayushchie sistemy osnovnoi obrabotki pochvy i vneseniya udobrenii dlya zony severnoi lesostepi Severnogo Zaural'ya* [Improved resource-saving systems of basic tillage and fertilization for the northern forest-steppe zone of the Northern Trans-Urals]. Tyumen: Pechatnik; 2020. (In Russ).
17. Len V.S., Glivenko V.V. Analiz metodik ekonomicheskoi otsenki kormovykh kul'tur [Analysis of methods of economic assessment of fodder crops]. *Russian Journal of Entrepreneurship*. 2018; (19-1): 53-66. DOI: 10.18334/rp.19.1.38758. (In Russ).
18. Abramov N.V., Eremin D.I. Problemy polucheniya maksimal'no vozmozhnoi urozhainosti yarovoi pshenitsy v usloviyakh Severnogo Zaural'ya [Problems of obtaining the maximum possible yield of spring wheat in the conditions of the Northern Trans-Urals]. *Agricultural Bulletin of the Ural*. 2009; (1-55): 31-34. (In Russ).
19. Davlyatshin I.D., Lukmanov A.A. Urozhainost' yarovoi pshenitsy i okupaemost' udobrenii [Yield of spring wheat and payback of fertilizers]. *Soil science and agrochemistry*. 2017; (3): 68-75. (In Russ).
20. Eremin D.I. *Produktivnost' zernovogo s zanyatym parom sevooborota v usloviyakh Severnogo Zaural'ya* [Productivity of grain with steam-occupied crop rotation in the conditions of the Northern Trans-Urals] [Dissertation]. Tyumen; 2002. (In Russ).
21. Moiseeva M.N., Eremin D.I. Problema polegniya i urozhainosti ovsa pri razlichnom urovne mineral'nogo pitaniya v lesostepi Zaural'ya [The problem of lodging and yield of oats at different levels of mineral nutrition in the forest-steppe of the Trans-Urals]. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2022; (4-96): 46-50. (In Russ).
22. Kazak A.A., Loginov Yu.P., Eremin D.I. Vliyaniye mineral'nykh udobrenii na urozhainost' i kachestvo semyan sortov pshenitsy v severnoi lesostepi Tyumenskoi oblasti [The influence of mineral fertilizers on the yield and quality of wheat seeds in the northern forest-steppe of the Tyumen region]. *Agricultural Science Euro-North-East*. 2019; (20-3): 219-229. DOI: 10.30766/2072-9081.2019.20.3.219-229. (In Russ).
23. Belkina R.I., Marikova M.I. Tekhnologicheskie i biokhimicheskie svoystva zerna ovsa v usloviyakh Severnogo Zaural'ya [Technological and biochemical properties of oat grain in the conditions of the Northern Trans-Urals]. *Agricultural Bulletin of the Ural*. 2009; (5-59): 55-56. (In Russ).
24. Eremin D.I., Moiseeva M.N., Lyubimova A.V. The impact of mineral fertilizers on the consumption of mineral elements and the Siberian-bred oat grain [electronic resource]. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2022: 012066. DOI: 10.1088/1755-1315/949/1/012066. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/949/1/012066> (accessed: 12.08.2022).
25. Loskutov I.G. et al. Assessment of oat varieties with different levels of breeding refinement from the Vavilov Institute's collection applying the method of metabolomic profiling. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2022; (183-1): 104-117. DOI: 10.30901/2227-8834-2022-1-104-117.
26. Faritov T.A. K voprosu ekonomicheskoi otsenki kormovykh kul'tur v sovremennykh usloviyakh [On the issue of economic assessment of fodder crops in modern conditions]. *Feeding of agricultural animals and feed production*. 2011; (9): 56-60. (In Russ).

Информация об авторах

Д.И. Ерёмин – доктор биологических наук, доцент; AuthorID 318870.

В.А. Антропов – кандидат биологических наук, доцент; AuthorID 788451.

Д.В. Ерёмина – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент; AuthorID 318942.

М.Н. Моисеева – аспирант; AuthorID 914831.

Information about the authors

D.I. Eremin – Doctor of Biological Sciences, Associate Professor; AuthorID 318870.

V.A. Antropov – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor; AuthorID 788451.

D.V. Eremina – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor; AuthorID 318942.

M.N. Moiseeva – postgraduate student; AuthorID 914831.

Статья поступила в редакцию 03.09.2022; одобрена после рецензирования 16.10.2022; принята к публикации 16.11.2022.

The article was submitted 03.09.2022; approved after reviewing 16.10.2022; accepted for publication 16.11.2022.