

Научная статья

Original article

УДК 633.524

DOI 10.55186/25876740_2023_7_6_12

**ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА БИОХИМИЮ
ЗЕРНА ОВСА В СЕВЕРНОМ ЗАУРАЛЬЕ**
THE EFFECT OF MINERAL FERTILIZERS ON THE BIOCHEMISTRY OF
OAT GRAIN IN THE NORTHERN TRANS-URALS



М.Н. Моисеева, аспирант, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Государственный аграрный университет Северного Зауралья» (625041, Россия, г. Тюмень, СНТ «Колос-4», ул. 5-я Дачная, д.166), тел. 89044951650, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7921-3767>, moiseeva.marie@yandex.ru

Д.И. Еремин, доктор биологических наук, доцент, ведущий научный сотрудник, Тюменский научный центр СО РАН – филиал НИИСХ Северного Зауралья. ORCID <https://orcid.org/0000-0002-3672-6060>, AuthorID 318870.soil-tyumen@yandex.ru

M.N. Moiseeva, postgraduate student, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "State Agrarian University of the Northern Urals" (625041, Russia, Tyumen, SNT "Kolos-4", 5th Dachnaya str., 166), tel. 89044951650, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7921-3767>, moiseeva.marie@yandex.ru

D.I. Eremin, doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Leading researcher at the Tyumen Scientific Center SB RAS – a branch of the Northern Trans-

Urals Research Institute. ORCID <https://orcid.org/0000-0002-3672-6060>, AuthorID 318870.soil-tyumen@yandex.ru

Аннотация. В статье представлены результаты полевых экспериментов в период с 2020 по 2022 год, изучению влияния минеральных удобрений на биохимию зерна овса в Северном Зауралье. Исследования проводились на выщелоченном черноземе в лесостепной зоне Зауралья, Тюменского района, село Утешево. В опыте исследовали сорта овса: Талисман, Отрада и Фома, выведенные в Тюменском научном центре СО РАН. Путем внесения минеральных удобрений в опыте создали следующие агрофоны: естественный агрофон - без внесения удобрений; низкий - $N_{60}P_{20}$; средний - $N_{90}P_{40}$; высокий - $N_{150}P_{60}$; очень высокий - $N_{200}P_{80}$. Сорта овса имеют биологические особенности для усвоения питательных веществ из почвы и удобрений. Биохимический анализ зерна показал, что под действием удобрений содержание протеина возрастает от 6,1-7,0 до 8,4-11,8%. Минимальная отзывчивость на удобрения проявилась у сорта Талисман, где содержание протеина достигало 10,6% только в засушливый год. Содержание жира в зерне напрямую зависит только от сорта овса, а содержание крахмала в зерне овса определяется погодными условиями.

Annotation. The article presents the results of field experiments in the period from 2020 to 2022, studying the effect of mineral fertilizers on the biochemistry of oat grain in the Northern Trans-Urals. The research was carried out on leached chernozem in the forest-steppe zone of the Trans-Urals, Tyumen region, the village of Uteshevo. In the experiment, oat varieties were studied: Talisman, Otrada and Thomas, bred at the Tyumen Scientific Center of the SB RAS. By applying mineral fertilizers, the following agrophones were created in the experiment: natural agrophone - without fertilizers; low - $N_{60}P_{20}$; medium - $N_{90}P_{40}$; high - $N_{150}P_{60}$; very high - $N_{200}P_{80}$. Oat varieties have biological features for the assimilation of nutrients from soil and fertilizers. Biochemical analysis of grain showed that under the influence of fertilizers, the protein content increases from 6,1-7,0 to 8,4-11,8%. Minimal responsiveness to fertilizers was manifested in the Talisman cultivar, where the protein content reached

10,6% only in a dry year. The fat content in the grain directly depends only on the variety of oats, and the starch content in the grain of oats is determined by weather conditions.

Ключевые слова: овес посевной (*Avena sativa*, L), минеральные удобрения, биохимия, крахмал, протеин, жир, урожайность.

Key words: oats (*Avena sativa*, L), mineral fertilizers, biochemistry, starch, protein, fat, yield.

Введение. Территория Западной Сибири считается регионом рискованного земледелия, где сочетаются низкоплодородные почвы и неблагоприятные климатические условия [1]. Погодные условия регулировать аграриям не получается, в отличие от плодородия почвы. Путем оптимизации уровня минерального питания, можно повышать урожайность и качество зерна. Однако необходимо использовать сорта, имеющие высокий генетический потенциал. Обычно для этого используют местные сорта, адаптированные под почвенно-климатические условия региона: устойчивые к перепаду температур; к засухе; высокой кислотности и дефициту питательных веществ [2]. Также сорта должны обладать свойствами: скороспелостью, развитием сокращенного вегетационного периода, устойчивостью к полеганию. При сочетании генотипа и научно-обоснованной системы удобрений возможно получение высоких урожаев высококачественного зерна овса в Зауралье [3].

В 70-е годы начались исследования по разработке системы удобрений для Западной Сибири. Зерновые культуры, в частности овес, сильно реагировал на высокие дозы минеральных удобрений [4]. Посевы на полях сильно полегли, происходило затягивание созревания. В итоге зерно формировалось с низкими товарными показателями. Разработанная в начале XXI века система удобрений эффективно работала на среднем агрофоне 4,0 т/га. Однако уже более высокий уровень питания, обеспечивающий урожайность более 4,0 т/га, приводил к ухудшению показателей. Основным сдерживающим фактором зерновых культур

стали биологические особенности сортов [5]. Это выявляется при биохимическом анализе состава зерна.

Цель исследования - изучение влияния уровня минерального питания на биохимию зерна овса в Северном Зауралье.

Методика исследований. При изучении качества зерна овса, одним из основных биохимических показателей является содержание протеина в зерне. На его содержание влияют такие факторы, как уровень агрофона, погодные условия и агротехнологические приемы, применяемые при выращивании овса.

Исследования проводились на почве черноземе выщелоченном, с низкой обеспеченностью нитратным азотом, содержание которого в пахотном слое не превышало 8,0 мг/кг; средней и повышенной обеспеченностью подвижными формами фосфора и калия – 75 и 170 мг/кг соответственно.

Опыт закладывали по следующей схеме:

1. Контроль, урожай формировался за счет естественного агрофона почвы.
2. NPK на планируемую урожайность овса 3,0 т/га зерна. Доза удобрений N₆₀P₂₀ кг д.в./га.
3. NPK на 4,0 т/га зерна (N₉₀P₄₀).
4. NPK на 5,0 т/га зерна (N₁₅₀P₆₀).
5. NPK на 6,0 т/га зерна (N₂₀₀P₈₀)

В опыте применяли аммиачную селитру и аммофос, калийные удобрения не применяли, так как почвы Зауралья обладают высокими запасами доступного для растений калия. Удобрения вносили весной под предпосевную культивацию. Система обработки почвы – отвальная, разноглубинная. Агротехника общепринятая для Северного Зауралья [6] (табл.1).

Таблица 1. Сорты овса, используемые в опыте

Table 1. Oat varieties used in the experiment

№	Сорт	Разновидность	Происхождение
1	Талисман	Mutica	Flamingsnova × Метис
2	Отрада	Mutica	(WW 170079 × Pc 39) × (Мутика 600 × Risto)
3	Фома	Mutica	(WW 170079 × Pc 39) × (Мутика 600 × Risto)

Подробная характеристика используемых в опыте сортов овса приведена в работах Фоминой М. Н., Любимовой А. В. [7,8].

Для определения урожайности овса отбирали по 4 образца с каждого повторения. Проводили полноценную статистическую обработку данных и делали дисперсионный анализ с выявлением силы влияния изучаемых факторов, степени увлажнения вегетационного периода. Статистическую обработку вели в Microsoft Excel.

Биохимический анализ качества зерна проводили в аналитической лаборатории Федерального исследовательского центра Тюменский научный центр СО РАН (ФИЦ ТюмНЦ СО РАН). Содержание протеина определяли по Къельдалю (10846-91); жира – в аппарате Сокслета (ГОСТ 29033-91); крахмала – на поляриметре (ГОСТ 10845-98).

Электрофорез запасных спирторастворимых белков зерна проводили в лаборатории геномных исследований в растениеводстве Федерального исследовательского центра «Тюменский научный центр» сибирского отделения Российской академии наук по ранее описанной методике.

Результаты исследований

На естественном агрофоне, без внесения минеральных удобрений развитие зерновых культур происходило в условиях дефицита азотного питания. На таких почвах, формирование протеина в зерне происходило преимущественно за счет биологических особенностей сорта и наличия почвенных запасов доступного для растений азота.

В 2020 году содержание протеина в зерне сорта Талисман составило $6,1 \pm 0,5\%$. Лето 2021 года выдалось острозасушливое, урожайность была очень низкой. Это оказало некоторое улучшение азотного питания, что положительно отразилось на содержании протеина в зерне $7,5\%$. У сорта Отрада значение протеина было высоким, его содержание в 2020 и 2022 году было одинаковым – $7,0 \pm 0,7$ и $7,0 \pm 0,6\%$ соответственно. Фома на естественном агрофоне уступал Отраде по урожайности, но в 2020 и 2022 году достоверных отличий по содержанию протеина в зерне не показал. В 2021 году Фома отличился

минимальным значением среди изучаемых сортов – $6.4 \pm 0.2\%$ при наименьшей существенной разнице $0,48\%$. В условиях 2022 года на естественном агрофоне содержание протеина варьировало от $6,2 \pm 0,5$ (Талисман) до $7,1 \pm 0,6\%$ (Отрада). Аналогичные результаты были получены М.Н. Фоминой и ее коллегами [9]. На очень высоком агрофоне, $6,0$ т/га содержание протеина у всех сортов овса незначительно уменьшилось относительно предыдущего варианта (табл.2).

Таблица 2. Содержание протеина в зерне овса на разных агрофонах, %

Table 2. Protein content in oat grain at different agrophones, %

Сорт	Год	Уровень агрофона									
		Естественный агрофон		Низкий (N ₆₀ P ₂₀)		Средний (N ₉₀ P ₄₀)		Высокий (N ₁₅₀ P ₆₀)		Очень высокий (N ₂₀₀ P ₈₀)	
		х±σ	CV	х±σ	CV	х±σ	CV	х±σ	CV	х±σ	CV
Талисман	2020	6,1±0,5	8	6,5±1,0	15	7,7±0,6	7	8,4±0,3	4	7,2±0,6	8
	2021	7,5±0,2	3	8,6±0,3	4	9,6±0,3	3	9,5±0,2	2	10,6±0,2	2
	2022	6,2±0,5	8	6,7±1,2	10	7,6±0,9	6	8,2±0,6	4	6,1±0,5	6
Отрада	2020	7,0±0,7	10	6,9±0,4	5	9,0±0,7	8	10,4±0,3	3	9,9±0,7	7
	2021	7,3±0,5	7	7,6±0,4	5	9,9±0,4	4	11,0±0,6	6	10,5±0,2	2
	2022	7,1±0,6	5	6,9±0,4	5	8,6±0,8	6	11,5±0,5	3	8,7±0,9	6
Фома	2020	6,7±0,1	2	7,5±0,3	4	8,9±0,6	7	11,2±0,6	5	11,6±0,3	2
	2021	6,4±0,2	4	8,2±0,7	8	9,8±0,2	2	11,5±0,3	3	11,8±0,5	4
	2022	6,8±0,5	4	8,1±1,1	6	8,5±0,7	5	8,4±0,5	5	8,1±0,6	3

Средняя погрешность составляет 0,17; точность эксперимента составляет 1,93%; разностная погрешность составляет 0,24 Критерий Стьюдента - 2; наименьшее значимое различие (SSD) - 0,48

х - среднее арифметическое; σ - стандартное отклонение; CV - коэффициент вариальности; 2020 - умеренно влажный, жаркий; 2021 – очень сухой, жаркий; 2022 - умеренно влажный, теплый.

Высокий уровень минеральных удобрений обеспечил стабильное повышение содержания протеина в зерне овса в 2020 и 2021 гг., при этом стали проявляться биологические особенности [10]. В зерне сорта Талисман содержание протеина составляло $8,4-9,5\%$, это было минимальным значением в опыте. Сорта Отрада и Фома при внесении удобрений в дозах N₆₀P₂₀; N₉₀P₄₀ и N₁₅₀P₆₀ кг/га в действующем веществе формировали зерно с достоверно высоким содержанием протеина. На высоком агрофоне его содержание достигло $10,4-$

11,5%, при коэффициенте вариации до 6%. При дальнейшем повышении уровня агрофона 6,0 т/га, содержание протеина в зерне при различных погодных условиях не изменялось, все отклонения в пределах ошибки опыта. В различных по увлажнению условиях сорта Отрада и Фома показали стабильность в накоплении протеина в зерне, в это же время Талисман показывал реакцию на погодные условия вегетационного периода.

В ходе исследований было установлено, что содержание жира в зерне овса зависит от сорта. В 2020 и 2022 годах в сортах Отрада и Фома содержание жира составило от $5,4 \pm 0,2$ до $5,1 \pm 0,2$ и $4,3 \pm 0,2$ до $4,2 \pm 0,0\%$ соответственно, при очень низком коэффициенте вариации ($CV=3$). Зерно сорта Талисман характеризовалось низким содержанием жира – от $3,8 \pm 0,1$ до $3,7 \pm 0,1\%$, при тех же условиях возделывания. В 2021 году, при сильном дефиците влаги в почве, содержание жира в зерне овса достоверно не изменилось относительно 2020 и 2022 годов. Внесение минеральных удобрений на планируемую урожайность 3,0 и 4,0 т/га положительно отразилось на уровне содержания жира в зерне овса. Дальнейшее повышение уровня агрофона не оказало достоверного влияния на содержание жира. Коэффициент вариации по годам исследований не превышал 10%, это говорит о стабильности содержания жира в зерне овса (табл. 3). К аналогичному заключению пришли С.А. Герасимов со своими коллегами [11].

Таблица 3. Содержание жира в зерне овса при различном агрофоне, %

Table 3. Fat content in oat grain at different agrophone, %

Сорт	Год	Уровень агрофона									
		Естественный агрофон		Низкий ($N_{60}P_{20}$)		Средний ($N_{90}P_{40}$)		Высокий ($N_{150}P_{60}$)		Очень высокий ($N_{200}P_{80}$)	
		$x \pm \sigma$	CV	$x \pm \sigma$	CV	$X \pm \sigma$	CV	$x \pm \sigma$	CV	$x \pm \sigma$	CV
Талисман	2020	$3,8 \pm 0,1$	3	$4,1 \pm 0,2$	5	$4,1 \pm 0,1$	3	$4,2 \pm 0,2$	4	$4,1 \pm 0,2$	4
	2021	$4,0 \pm 0,1$	3	$4,2 \pm 0,2$	5	$4,1 \pm 0,2$	5	$4,1 \pm 0,1$	2	$4,2 \pm 0,2$	4
	2022	$3,7 \pm 0,1$	3	$4,1 \pm 0,2$	5	$3,8 \pm 0,2$	3	$3,8 \pm 0,2$	4	$3,6 \pm 0,2$	4
Отрада	2020	$5,4 \pm 0,2$	5	$5,7 \pm 0,3$	6	$5,9 \pm 0,4$	8	$5,9 \pm 0,4$	7	$5,9 \pm 0,3$	5
	2021	$5,8 \pm 0,2$	3	$6,3 \pm 0,4$	6	$6,5 \pm 0,1$	2	$5,9 \pm 0,2$	4	$5,7 \pm 0,4$	7
	2022	$5,1 \pm 0,2$	5	$5,5 \pm 0,3$	6	$6,0 \pm 0,1$	7	$5,7 \pm 0,2$	6	$5,5 \pm 0,1$	4
Фома	2020	$4,3 \pm 0,2$	4	$4,2 \pm 0,1$	3	$4,4 \pm 0,2$	4	$4,5 \pm 0,2$	5	$4,5 \pm 0,2$	4
	2021	$4,4 \pm 0,0$	1	$4,5 \pm 0,1$	2	$4,6 \pm 0,2$	3	$4,5 \pm 0,1$	1	$4,5 \pm 0,1$	2
	2022	$4,2 \pm 0,0$	4	$4,2 \pm 0,1$	3	$4,2 \pm 0,2$	4	$4,0 \pm 0,1$	5	$4,0 \pm 0,2$	4

Средняя погрешность составляет 0,0,7; точность эксперимента составляет 1,64%; разностная погрешность составляет 0,11 Критерий Стьюдента - 2; наименьшее значимое различие (SSD) - 0,22

x - среднее арифметическое; σ - стандартное отклонение; CV - коэффициент вариальности
2020 - умеренно влажный, жаркий; 2021 – очень сухой, жаркий;
2022 - умеренно влажный, теплый.

Так же биохимическим показателем зерновых культур является содержание крахмала. В ходе исследований было выявлено, что в зерне овса, выращенного на контроле, его содержалось от $42,9 \pm 0,6$ до $48,4 \pm 1,0\%$ крахмала. Анализируя таблицу 3 выявляется зависимость погодных условий и уровня минеральных удобрений. В 2020 году содержание крахмала в зерне сорта Талисман составило $46,6 \pm 1,2\%$. В засушливом 2021 и 2022 годах этот показатель существенных различий не имел, это указывает на относительную стабильность сорта при дефиците минеральных удобрений в почве. При внесении удобрений на планируемую урожайность 3,0 т/га содержание крахмала при различных погодных условиях в исследуемые годы не изменялось. На среднем агрофоне 4,0 т/га наблюдалось достоверное снижение крахмала в зерне сорта Талисман в 2021 году. Дальнейшее повышение уровня агрофона не оказало влияния на содержание крахмала в зерне (табл. 4). Об этом также писали О.А. Юсова со своими единомышленниками [12].

Таблица 4. Содержание крахмала в зерне овса при различном агрофоне, %

Table 4. Starch content in oat grain at different agrophone, %

Сорт	Года	Уровень агрофона									
		Естественный агрофон		Низкий (N ₆₀ P ₂₀)		Средний (N ₉₀ P ₄₀)		Высокий (N ₁₅₀ P ₆₀)		Очень высокий (N ₂₀₀ P ₈₀)	
		$x \pm \sigma$	CV	$x \pm \sigma$	CV	$x \pm \sigma$	CV	$x \pm \sigma$	CV	$x \pm \sigma$	CV
Талисман	2020	46,6±1,2	3	49,4±3,5	7	51,6±3,9	8	47,5±1,2	2	46,1±0,6	1
	2021	45,4±0,5	1	48,3±4,8	10	42,9±0,6	1	45,3±0,9	2	46,9±1,5	3
	2022	45,7±1,2	3	46,3±3,5	7	50,4±1,6	6	50,2±1,1	2	46,7±0,5	1
Отрада	2020	48,4±1,0	2	49,2±0,7	1	56,9±2,5	4	59,1±1,8	3	58,1±4,3	7
	2021	42,9±0,6	1	43,3±0,7	2	45,9±1,1	2	43,0±0,9	2	42,5±0,7	2
	2022	42,9±1,0	2	52,4±0,7	2	54,5±2,1	3	56,1±1,1	3	52,7±3,4	5
Фома	2020	45,5±2,4	5	49,0±2,4	5	52,4±2,4	5	54,8±1,2	2	52,6±1,6	3
	2021	47,2±2,7	6	46,8±1,3	3	44,7±1,1	2	46,5±2,4	5	48,7±2,0	4
	2022	46,3±2,4	5	47,7±2,3	4	54,3±2,1	4	52,1±2,0	4	50,3±2,0	3

Средняя ошибка составляет 0,74; точность эксперимента составляет 1,53%; разностная ошибка составляет 1,04 Критерий Стьюдента - 2; наименьшее значимое различие (SSD) - 2,08

x - среднее арифметическое; σ - стандартное отклонение; CV - коэффициент вариабельности 2020 - умеренно влажный, жаркий; 2021 – очень сухой, жаркий; 2022 - умеренно влажный, теплый.

Содержание крахмала в сортах Отрада и Фома характеризуется зависимостью от уровня агрофона и погодных условий. В 2020 году внесение минеральных удобрений достоверно обеспечивало повышение содержания крахмала с $48,4 \pm 1,0$ до $59,1 \pm 1,8\%$ в зерне сорта Отрада, у Фомы - с $45,5 \pm 2,4$ до $54,8 \pm 1,2\%$. При дефиците влаги содержание крахмала в зерне овса понижалось у Отрады – до $42,5 \pm 0,7$, у Фомы – до $44,7 \pm 1,1\%$. 2022 год охарактеризовался умеренно влажным, поэтому показатели содержания крахмала были выше предыдущего года, Отрада – до $56,1 \pm 1,1$, Фома – до $54,3 \pm 2,1\%$. В ходе исследований было установлено, что влияние удобрений на содержание крахмала в зерне овса изучаемых сортов незначительно. Мы можем считать, что содержание протеина в изучаемых сортах, лучше регулировать уровнем минерального питания. Это дает возможность сглаживать влияние погодных условий при выращивании различных сортов Тюменской селекции в Западной Сибири.

Заключение.

В ходе проведенных исследований было установлено, что содержание жира в зерне овса является сортовой особенностью – показатель силы влияния составляет 88%. Погодные условия в различной степени оказывают свое влияние на содержание крахмала в зерне – показатель силы влияния сорт и погодные условия составляют 14%. Содержание протеина в зерне можно регулировать изменением уровня агрофона – показатель силы влияния составил 63%. При выращивании овса на различные продовольственные цели рекомендуется обращать внимание на создание сортов овса с высоким содержанием жира и крахмала.

Литература

1. Eremin, D. Soil swelling as a regional feature of Western Siberia / D. Eremin // MATEC Web conference, St. Petersburg, December 20-22, 2017 - St. Petersburg: EDP Sciences, 2018. - p. 02017 – DOI 10.1051/matecconf/201817002017.

2. Лоскутов, И. Г. Коллекция генетических ресурсов овса ВИР как источник информации по истории возделывания, систематике рода и направлениям селекции культуры (обзор) / И. Г. Лоскутов, Е. В. Блинова, А. А. Гнутиков // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2023. – Т. 184, № 1. – С. 225-238. – DOI 10.30901/2227-8834-2023-1-225-238. – EDN НРСJYУ.

3. Моисеева, М.Н. Влияние минеральных удобрений на урожайность и качество зерна овса в северном Зауралье / М.Н. Моисеева // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2021. № 4 (90). С. 35-38.

4. Fomina, M. N. Agrometeorological characteristics of spring oat varieties created in the conditions of the Northern Trans-Urals / M. N. Fomina // Bioset of conferences: International scientific and practical conference, Tyumen, July 19-20, 2021 – Tyumen: EDP Sciences, 2021. – p. 01018. – DOI 10.1051/bioconf/20213601018.

5. 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 //DAICRA. 2021. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 949 (2022). Pp. 012066. IOP Publishing doi:10.1088/1755-1315/949/1/012066.

6. Перфильев, Н.В. Усовершенствованные ресурсосберегающие системы основной обработки почвы и внесения удобрений для зоны северной лесостепи Северного Зауралья: Методические рекомендации / Н.В. Перфильев, О.А. Вьюшина, В.Н. Тимофеев // НИИСХ СЗ- филиал ТюмНЦ СО РАН. – Тюмень: типография ООО "Печатник", 2020. – 52 с.

7. Иванова, Ю.С. Биохимические показатели качества зерна у коллекционного образцов овса голозерного в условиях северной лесостепи /

Ю.С. Иванова, М.Н. Фомина, И.Г. Лоскутов // Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32. № 6. С. 38-41.

8. Любимова, А.В. Каталог биохимических паспортов сортов овса посевного сибирской селекции / А.В. Любимова, Д.И. Еремин, В.С. Мамаева, Н.А. Брагин, С.А. Белоусов, М.В. Брагина, Д.А. Кочнева, А.К. Таутекенова // Вестник КрасГАУ. 2022. № 5 (182). С. 73-83.

9. Фомина, М.Н. Качество зерна перспективных линий овса на заключительном этапе селекционного процесса в условиях Северного Зауралья / М.Н. Фомина, Ю.С. Иванова, Н.А. Брагин, М.В. Брагина // Достижения науки и техники АПК. – 2023. – Т. 37, № 3. – С. 34-38. – DOI 10.53859/02352451_2023_37_3_34. – EDN JKBBVK.

10. Моисеева, М.Н. Сортотзывчивость овса посевного на возрастающий уровень минерального питания в лесостепи Зауралья / М.Н. Моисеева, А.В. Любимова, Д.И. Еремин // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2022. № 1 (68). С. 58-62.

11. Герасимов, С.А. Влияние генотипа и условий выращивания овса на содержание биологически активных компонентов в зерне / С.А. Герасимов, В.И. Полонский, А.В. Сумина [и др.] // Химия растительного сырья. – 2020. – № 2. – С. 65-71. – DOI 10.14258/jcprgm.2020025515. – EDN IDSQYH.

12. Юсова, О.А. Агрэкологическое обоснование повышения адаптивного потенциала массовой доли крахмала сортов овса в условиях Сибирского Прииртышья / О.А. Юсова, П.Н. Николаев, С.В. Васюкевич [и др.] // АПК России. – 2021. – Т. 28, № 5. – С. 615-621. – EDN QHBYDZ.

References

1. Eremin, D. Soil swelling as a regional feature of Western Siberia / D. Eremin // MATEC Web conference, St. Petersburg, December 20-22, 2017 - St. Petersburg: EDP Sciences, 2018. - p. 02017 – DOI 10.1051/matecconf/201817002017.

2. Loskutov, I. G. Collection of genetic resources of VIR oats as a source of information on the history of cultivation, taxonomy of the genus and directions of culture selection (review) / I. G. Loskutov, E. V. Blinova, A. A. Gnutikov //

Proceedings on applied botany, genetics and breeding. – 2023. – Vol. 184, No. 1. – PP. 225-238. – DOI 10.30901/2227-8834-2023-1-225-238. – EDN HPCJYY.

3. Moiseeva, M.N. The influence of mineral fertilizers on the yield and quality of oat grain in the northern Trans-Urals / M.N. Moiseeva // Proceedings of the Orenburg State Agrarian University. 2021. No. 4 (90). pp. 35-38.

4. Fomina, M. N. Agrometeorological characteristics of spring oat varieties created in the conditions of the Northern Trans-Urals / M. N. Fomina // Bioset of conferences: International scientific and practical conference, Tyumen, July 19-20, 2021 – Tyumen: EDP Sciences, 2021. – p. 01018. – DOI 10.1051/bioconf/20213601018.

5. 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 //DAICRA. 2021. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 949 (2022). Pp. 012066. IOP Publishing doi:10.1088/1755-1315/949/1/012066.

6. Perfiliev, N.V. Improved resource-saving systems of basic tillage and fertilization for the zone of the northern forest–steppe of the Northern Trans-Urals: Methodological recommendations / N.V. Perfiliev, O.A. Vyushina, V.N. Timofeev // NIISH SZ- branch of TYUMNTS SB RAS. - Tyumen: printing house of LLC "Printer", 2020. – 52 p.

7. Ivanova, Yu.S. Biochemical indicators of grain quality in collection samples of naked oats in the conditions of the northern forest-steppe / Yu.S. Ivanova, M.N. Fomina, I.G. Loskutov // Achievements of science and technology of the agro-industrial complex. 2018. Vol. 32. No. 6. pp. 38-41.

8. Lyubimova, A.V. Catalog of biochemical passports of varieties of Siberian oats / A.V. Lyubimova, D.I. Eremin, V.S. Mamaeva, N.A. Bragin, S.A. Belousov, M.V. Bragina, D.A. Kochneva, A.K. Tautekenova // Bulletin of KrasGAU. 2022. No. 5 (182). pp. 73-83. Fomina, M.N., Ivanova, Yu.S., Bragin, N.A., Bragina, M.V. (2023). Grain quality of promising oat lines at the final stage of the breeding process in the conditions of the Northern Trans-Urals. Achievements of science and technology of

the agro–industrial complex. Vol. 37, No. 3. – pp. 34-38. – DOI 10.53859/02352451_2023_37_3_34. - EDN JKBBVK.

9. Fomina, M.N. Grain quality of promising oat lines at the final stage of the breeding process in the conditions of the Northern Trans-Urals / M.N. Fomina, Yu.S. Ivanova, N.A. Bragin, M.V. Bragina // Achievements of science and technology of the agro–industrial complex. – 2023. – Vol. 37, No. 3. – pp. 34-38. – DOI 10.53859/02352451_2023_37_3_34. - EDN JKBBVK.

10. Moiseeva, M.N. Varietal responsiveness of sown oats to the increasing level of mineral nutrition in the forest-steppe of the Trans-Urals / M.N. Moiseeva, A.V. Lyubimova, D.I. Eremin // Bulletin of the Michurinsky State Agrarian University. 2022. No. 1 (68). pp. 58-62.

11. Gerasimov, S.A. The influence of the genotype and growing conditions of oats on the content of biologically active components in grain / S.A. Gerasimov, V.I. Polonsky, A.V. Sumina [et al.] // Chemistry of plant raw materials. – 2020. – No. 2. – pp. 65-71. – DOI 10.14258/jcprm.2020025515. – EDN IDSQYH.

12. Yusova, O.A. Agroecological justification of increasing the adaptive potential of the mass fraction of starch of oat varieties in the conditions of the Siberian Irtysh region / O.A. Yusova, P.N. Nikolaev, S.V. Vasyukevich [et al.] // Agroindustrial Complex of Russia. – 2021. – Vol. 28, No. 5. – PP. 615-621. – EDN QHBYDZ.

© М.Н. Моисеева, Д.И. Еремин, 2023. *International agricultural journal*, 2023, №6, 2086-2098

Для цитирования: М.Н. Моисеева, Д.И. Еремин Влияние минеральных удобрений на биохимию зерна овса в северном Зауралье// *International agricultural journal*. 2023. №6, 2086-2098