

Генетические и агротехнологические особенности формирования посевных качеств овса при различном уровне минерального питания

Д. И. Еремин¹✉, М. Н. Моисеева², А. В. Любимова¹

¹ Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Северного Зауралья – филиал Федерального исследовательского центра Тюменского научного центра Сибирского отделения Российской академии наук, Тюмень, Россия

² Государственный аграрный университет Северного Зауралья, Тюмень, Россия

✉ E-mail: soil-tyumen@yandex.ru

Аннотация. Цель – изучение генетических и агротехнологических особенностей формирования посевных качеств зерна овса на различных агрофонах в лесостепи Зауралья. **Материалы и методы.** Исследования проводили на опытном поле, расположенном в лесостепной зоне Зауралья. Объектом исследования были три сорта овса, которые высевали на разных агрофонах, обеспечивающих формирование урожайности от 3,0 до 6,0 т/га зерна. Определяли массу 1000 зерен, долю мелкого зерна, энергию прорастания и лабораторную всхожесть. **Результаты.** На естественном агрофоне сорта Талисман и Отрада формируют урожай 1,41 и 1,85 т/га с долей мелкого зерна менее 2,0 мм до 11 %. У сорта Фома на естественном агрофоне этот показатель составил 7,5 %. Внесение минеральных удобрений на планируемую урожайность от 3,0 до 5,0 т/га снижает количество мелкого зерна только у сортов Талисман и Фома. Зерно с высокими посевными качествами формируется на естественном агрофоне и при внесении удобрений на планируемую урожайность 3,0 т/га. Зерно, полученное на таких вариантах, имело 72–76 % энергии прорастания и 91–93 % лабораторной всхожести. Зерно, полученное на высоком и очень высоком агрофоне, было с низкими посевными показателями: энергия прорастания и лабораторная всхожесть достигли минимальных значений: 57–59 и 61–63 % соответственно. Установлено, что масса 1000 зерен на 23,4 % зависит от удобрений и на 30,0 % от погодных условий вегетационного периода. На долю сортовых особенностей приходится 9,6 %. Лабораторная всхожесть изучаемых сортов на 86,8 % зависит от уровня минерального питания. **Научная новизна.** Впервые для Северного Зауралья установлен оптимальный уровень агрофона, обеспечивающий максимальный выход зерна овса с высокими посевными качествами. **Рекомендации.** В лесостепной зоне Зауралья выращивание овса на семенные цели рекомендуется на полях со средним или повышенным агрофоном, рассчитанным на получение урожайности 3,0 и 4,0 т/га.

Ключевые слова: сорта интенсивного типа, планируемая урожайность, посевной материал, высокий агрофон, энергия прорастания, лабораторная всхожесть, показатель силы влияния, генетика сорта, минеральные удобрения.

Для цитирования: Еремин Д. И., Моисеева М. Н., Любимова А. В. Генетические и агротехнологические особенности формирования посевных качеств овса при различном уровне минерального питания // Аграрный вестник Урала. 2022. № 08 (223). С. 27–38. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-223-08-27-38.

Дата поступления статьи: 04.05.2022, **дата рецензирования:** 20.05.2022, **дата принятия:** 30.05.2022.

Постановка проблемы (Introduction)

Овес – пластичная и высокоадаптивная культура, которая способна давать стабильные урожаи в условиях Западной Сибири [1, с. 35]. В России посевы овса занимают 3,6 млн га, уступая только пшенице и ячменю. Основной ареал возделывания овса располагается в Сибирском, Приволжском и Центральном федеральных округах [2, с. 14]. Мониторинг посевных площадей под сельскохозяйствен-

ными культурами показал тенденцию к уменьшению площади под овсом в России. Причина этого не в ослаблении интереса товаропроизводителей к этой культуре с экономической и агротехнологической точки зрения. Проблема в биологических особенностях овса, которые имеют двойное значение. Все исследователи, которые работают с овсом, единогласно отмечают, что эта культура нетребовательна к плодородию почв [3, с. 37; 4, с. 603].

Однако его урожайность на неплодородных почвах крайне низкая, что делает овес непривлекательным для современных аграриев. Сейчас эта проблема стоит не так остро, поскольку питательный режим легко оптимизируется за счет минеральных удобрений [5, с. 19] при использовании научно обоснованной системы земледелия [6, с. 12]. Но высокий агрофон может оказать негативное влияние на развитие овса. Это проявляется в ухудшении качества зерна, в том числе в снижении посевных показателей: энергии прорастания и всхожести, которые зависят от погодных условий. Высокий агрофон способен затянуть вегетацию до 14 суток [7, с. 1185]. Поэтому семеноводческие хозяйства стараются не выращивать семенной овес на полях с высоким агрофоном. Однако в этом случае, они сталкиваются с проблемой низкого выхода семенного материала с высокой себестоимостью. Таким образом, для получения максимального эффекта необходимо оптимизировать систему удобрений с учетом биологических особенностей овса.

Применение минеральных удобрений в разных природно-климатических зонах имеет неоднозначный эффект. Так, на Дальнем Востоке даже минимальные дозы удобрений, вносимые в виде подкормки, негативно влияют на посевные качества зерновых культур [8, с. 30]. В то же время в Предуралье на дерново-подзолистых почвах эффект от удобрений диаметрально противоположен [9, с. 20]. Исследованиями Г. Н. Комаровой и А. В. Сорокиной было установлено, что формирование посевных качеств зерна овса на различных агрофонах также зависит от генетических особенностей сорта [10, с. 222]. Это необходимо учитывать при разработке системы удобрений для семеноводческих хозяйств, занимающихся размножением овса.

Цель настоящей работы – изучение генетических и агротехнологических особенностей формирования посевных качеств зерна овса Тюменской селекции на различных агрофонах в лесостепной зоне Зауралья.

Методология и методы исследования (Methods)

Исследования по изучению влияния минеральных удобрений на урожайность и качество овса проводили в северной лесостепи Зауралья, которая является оптимальной для возделывания овса. Опыты закладывали на стационаре кафедры почвоведения и агрохимии Государственного аграрного университета Северного Зауралья, расположенном в Тюменском районе возле д. Утёшево. Почва участка – чернозем выщелоченный, маломощный, среднегумусовый, тяжелосуглинистый, сформировавшийся на покровном карбонатном тяжелом суглинке [11, с. 62]. По морфологическим признакам, агрофизическим, физико-химическим и агрохимическим свойствам почва стационара соответствует черноземам Зауралья [12 с. 66; 13].

В опыте использовали три сорта овса посевного интенсивного типа Тюменской селекции. Посевной материал для опытов был предоставлен учреждением-оригинатором – НИИСХ Северного Зауралья – филиалом ТюмНЦ СО РАН. Родословная и разновидности изученных сортов указаны в таблице 1.

Исследуемые сорта высевали на разных агрофонах. В качестве контроля был взят участок с естественным уровнем минерального питания, на котором удобрения не вносили и урожай формировался только за счет запасов питательных веществ в почве. Путем внесения различных доз минеральных удобрений были смоделированы следующие уровни агрофона: средний – доза удобрений составила $N_{40}P_{10}$ кг/га, что соответствовало получению планируемой урожайности 3,0 т/га овса; повышенный ($N_{60}P_{40}$), обеспечивающий формирование урожая 4,0 т/га; высокий ($N_{80}P_{60}$) и очень высокий ($N_{200}P_{80}$), необходимые для получения планируемой урожайности 5,0 и 6,0 т/га зерна соответственно. Дозы минеральных удобрений рассчитывались ежегодно методом элементарного баланса с учетом фактических запасов NPK в слое 0–40 см. Коэффициенты использования питательных веществ из почвы и удобрений, а также количество азота текущей нитрификации были общепринятыми для лесостеп-

Таблица 1
Сорта овса посевного, используемые в опыте

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

Table 1
Varieties of oats used in the experiment

No.	Sort	Variety	Origin
1	<i>Talisman</i>	<i>Mutica</i>	<i>Flamingsnova</i> × <i>Metis</i>
2	<i>Otrada</i>	<i>Mutica</i>	(WW 170079 × Pc 39) × (<i>Mutica</i> 600 × <i>Risto</i>)
3	<i>Foma</i>	<i>Mutica</i>	(WW 170079 × Pc 39) × (<i>Mutica</i> 600 × <i>Risto</i>)

ной зоны Западной Сибири [14, с. 65]. По данным агрохимического анализа в почве опытного участка содержание подвижного калия варьировало от 180 до 240 мг/кг, что соответствовало высокой обеспеченности зерновых культур данным элементом питания. По этой причине калийные удобрения не вносили на всех агрофонах.

В опыте использовали аммиачную селитру и аммофос, в котором содержание фосфора составляло 52 %. Внесение удобрений осуществляли в весенний период путем врезания стерневой сеялкой при предпосевной культивации. Через 2–3 суток осуществляли посев овса. Срок посева – третья декада мая, глубина посева – 7–8 см. Технология возделывания – общепринятая для северной лесостепи Зауралья [15, с. 22].

Уборку овса проводили однофазным способом при достижении влажности зерна 16–18 % с одновременным отбором материала для лабораторных исследований. Изучение посевных качеств зерна вели через 2 месяца для обеспечения послепосевного дозревания. Энергию прорастания

и лабораторную всхожесть определяли согласно ГОСТ Р 52325-2005. Перед определением проводили просеивание зернового материала с каждого варианта для определения доли фракции мелкого зерна через сито с размером ячеек 2,0 мм. Закладку образцов на всхожесть проводили в шестикратной повторности. Статистическую обработку и дисперсионный анализ результатов исследований осуществляли по Плохинскому с использованием надстройки Microsoft Excel [16, с. 565].

Результаты (Results)

Выращивание овса на старопахотном черноземе без применения минеральных удобрений привело к формированию низких урожаев. Сбор зерна сорта Талисман составил 1,41 т/га, что является минимумом среди изучаемых сортов (рис. 1). Наиболее эффективно использовал почвенные запасы питательных веществ сорт Отрада, прибавка которого составила 31 % относительно Талисмана. В благоприятном 2020 г. урожайность овса при отсутствии удобрений достигала 1,60–2,13 т/га.

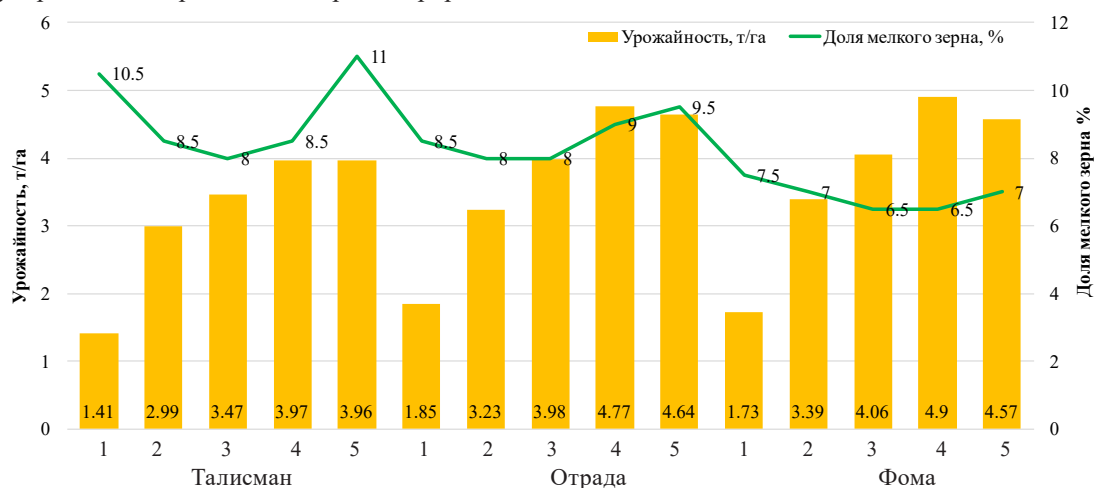


Рис. 1. Урожайность (т/га) и доля мелкого зерна (%) сортов овса при внесении возрастающих доз удобрений: 1 – естественный (без удобрений); 2 – средний (N40P10); 3 – повышенный (N60P40); 4 – высокий (N80P60); 5 – очень высокий (N200P80)

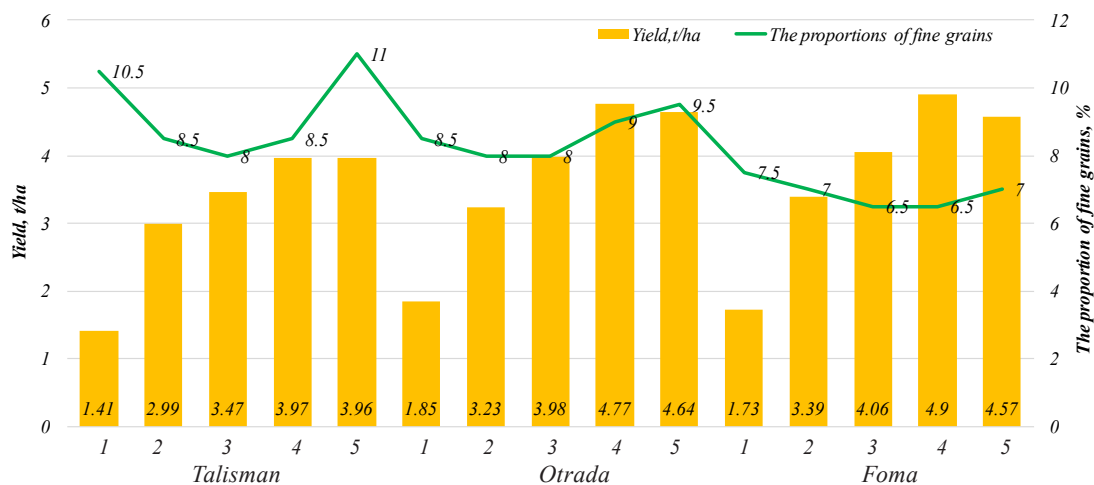


Fig. 1. Yield (t/ha) and the proportion of fine grain (%) of oat varieties when applying increasing doses of fertilizers: 1 – natural (without fertilizers); 2 – medium (N40P10); 3 – elevated (N60P40); 4 – high (N80P60); 5 – very high (N200P80)

Внесение удобрений в дозе $N_{40}P_{10}$ кг д. в. обеспечило получение планируемой урожайности 3,0 т/га. Сорт Фома выделился получением дополнительной прибавки сверх планируемой урожайности, что указывает на более эффективное поглощение питательных веществ. На повышенном агрофоне (NPK на 4,0 т/га) фактический результат изучаемых сортов полностью совпал с планируемой урожайностью – отклонения были в пределах НСР₀₅ для частных различий. Дальнейшее повышение уровня минерального питания (высокий агрофон) показало необходимость учета погодных условий вегетационного периода. В 2020 г. сбор зерна изучаемых сортов овса был на уровне 5,0 т/га, сорт Фома сформировал урожай в 6,44 т/га. Однако в условиях засушливого 2021 г. тот же агрофон не смог обеспечить планируемый урожай ни у одного сорта. На очень высоком агрофоне ($N_{200}P_{80}$) эффект оказался негативным.

Таким образом, в ходе анализа урожайности изучаемых сортов овса на разных агрофонах были установлены генетические особенности использования питательных веществ. Сорт Отрада максимально эффективно использовал питательные вещества в почве, формируя более высокую урожайность по сравнению с Фомой. На высоких агрофонах сорт Фома имел большее преимущество по сравнению с Отрадой и Талисманом.

Условия выращивания также влияют на размеры зерна, что является важным показателем для формирования семенных партий. При подготовке зерна на посевные цели его обязательно сортируют, отделяя фракцию с размерами менее 2,0 мм. Поэтому необходимо добиться минимальной доли нетоварного зерна еще на стадии выращивания. Как показали исследования, на естественном агрофоне у сорта Талисман доля мелкого зерна составила 10,5 %. Внесение удобрений в дозах $N_{40}P_{10}$, $N_{60}P_{40}$ и $N_{80}P_{60}$ обеспечило формирование более крупного зерна, доля которого составила 92 %.

На очень высоком агрофоне, где минеральные удобрения вносили на планируемую урожайность 6,0 т/га, доля мелкого зерна вновь возросла и достигла 11 %, что сопоставимо с контролем. Это обусловлено тем, что процесс созревания на очень высоком агрофоне существенно растягивался и зерно не успевало полноценно сформироваться.

Сорт Отрада на естественном агрофоне формировал относительно крупное зерно, а доля мелкой фракции (< 2,0 мм) составила 8,5 %. Внесение удобрений из расчета планируемой урожайности вплоть до 6,0 т/га не оказало существенного влияния – содержание мелкого зерна варьировало в пределах 8,0–9,5 %.

Для сорта Фома на генетическом уровне характерно крупное зерно [17, с. 202]. На естественном

агрофоне, где удобрения не вносили с 1995 г., урожаем Фомы отличался минимальной долей мелкого зерна – 7,5 %. Внесение удобрений достоверно обеспечивало снижение нетоварной фракции до 6,5 %, что указывает на стабильность сорта на различных агрофонах. Это свойственно сортам интенсивного типа [18, с. 138].

Еще одним показателем качества семенного материала принято считать массу 1000 зерен, которая определяет жизнеспособность растений на начальных этапах онтогенеза [19, с. 8]. Масса 1000 зерен тесно связана с уровнем минерального питания. Однако, как показали исследования, эта связь нелинейная. Так, на контроле зерно формировалось с минимальными значениями массы 1000 зерен: Талисман – $33,3 \pm 3,1$; Отрада – $34,7 \pm 1,4$ и Фома – $35,4 \pm 2,2$ г. Учитывая, что опыт проводился на черноземной почве, можно прогнозировать дальнейшее уменьшение этого показателя, если данные сорта будут посеяны на низкоплодородных серых лесных и дерново-подзолистых почвах.

Внесение минеральных удобрений на планируемые урожаи овса от 3,0 (средний агрофон) до 5,0 т/га (высокий агрофон) обеспечили достоверное увеличение массы 1000 зерен. Максимальное значение было зафиксировано у сорта Фома на высоком агрофоне ($N_{80}P_{60}$) – $38,8 \pm 2,4$ г. Дальнейшее повышение уровня минерального питания ($N_{200}P_{80}$) привело к уменьшению массы 1000 зерен сортов Талисман (33,5) и Фома (36,5). У Отрады снижения не зафиксировано.

Расчет коэффициента вариации дал возможность оценить выравненность зерна и генетическую отзывчивость на разные агрофоны. При отсутствии удобрений вариабельность массы 1000 зерен сорта Талисман была максимальной в опыте – коэффициент вариации составил 9 %. Меньшее значение было у сорта Фома – 6 %. Отрада выделилась среди изучаемых сортов максимальной выравненностью зерна, полученного на естественном агрофоне (таблица 2).

Внесение удобрений на планируемую урожайность от 3,0 до 5,0 т/га положительно повлияло на вариабельность массы 1000 зерен сорта Талисман – CV уменьшился до минимальных значений 2–4 %. На очень высоком агрофоне, который был рассчитан на получение урожая 6,0 т/га, коэффициент вариации резко увеличился до 9 %, что указывает на незавершенность ростовых процессов Талисмана.

Было установлено, что различные дозы удобрений не оказали существенного влияния на вариабельность массы 1000 зерен сорта Фома – коэффициент варьирования был в пределах 4–6 %. Отрада отличалась от Фомы тем, что при внесении удобрений на урожайность выше 3,0 т/га изменчивость данного признака возросла с 4 до 7 %.

Таблица 2
Масса 1000 зерен овса при различном уровне минерального питания, г

Агрофон	Талисман		Отрада		Фома	
	x_{cp}	CV, %	x_{cp}	CV, %	x_{cp}	CV, %
Естественный (без удобрений)	33,3 ± 3,1	9	34,7 ± 1,4	4	35,4 ± 2,2	6
Средний (N ₄₀ P ₁₀)	36,4 ± 0,8	2	35,4 ± 1,6	4	36,4 ± 1,6	4
Повышенный (N ₆₀ P ₄₀)	36,2 ± 1,5	4	38,0 ± 2,5	7	38,5 ± 1,6	4
Высокий (N ₈₀ P ₆₀)	37,1 ± 1,1	3	37,9 ± 2,5	7	38,8 ± 2,4	6
Очень высокий (N ₂₀₀ P ₈₀)	33,5 ± 2,9	9	37,9 ± 2,8	7	36,5 ± 2,0	5

Ошибка средней (S_x) – 0,6; точность опыта – 1,7 %; ошибка разности (S_d) – 0,9; критерий Стьюдента – 2; наименьшая существенная разность (НСР₀₅) частных различий – 1,7; коэффициент вариации (CV)

Table 2
Weight of 1000 grains of oats at different levels of mineral nutrition, g

Agricultural background	Talisman		Otrada		Foma	
	$x_{average}$	CV, %	$x_{average}$	CV, %	$x_{average}$	CV, %
Natural (without fertilizers)	33.3 ± 3.1	9	34.7 ± 1.4	4	35.4 ± 2.2	6
Average (N ₄₀ P ₁₀)	36.4 ± 0.8	2	35.4 ± 1.6	4	36.4 ± 1.6	4
Elevated (N ₆₀ P ₄₀)	36.2 ± 1.5	4	38.0 ± 2.5	7	38.5 ± 1.6	4
High (N ₈₀ P ₆₀)	37.1 ± 1.1	3	37.9 ± 2.5	7	38.8 ± 2.4	6
Very high (N ₂₀₀ P ₈₀)	33.5 ± 2.9	9	37.9 ± 2.8	7	36.5 ± 2.0	5

Average error (S_x) – 0.6; experimental accuracy – 1.7 %; difference error (S_d) – 0.9; Student's criterion – 2; the least significant difference (LSD) of partial differences – 1.7; CV – coefficient of variation, %

Таблица 3
Результаты трехфакторного дисперсионного анализа массы 1000 зерен овса посевного

Источники вариации	S_x	S_d	НСР ₀₅	$F_{факт.}$	$F_{теор.}$	Влияние, %
Сорт (фактор А)	0,2	0,3	0,6	24,9	3,1	9,6
Удобрения (фактор В)	0,2	0,3	0,6	30,5	2,5	23,4
Погода (фактор С)	0,2	0,2	0,5	156,6	4,0	30,0
Взаимодействие АВ	0,3	0,5	1,0	5,3	2,0	8,1
Взаимодействие АС	0,3	0,4	0,8	1,3	3,1	–
Взаимодействие ВС	0,3	0,4	0,8	2,9	2,5	2,3
Взаимодействие АВС	–	–	–	5,7	2,0	8,8

Table 3
Results of three-factor dispersion analysis of the mass of 1000 grains of oats

Sources of variation	S_x	S_d	LSD ₀₅	$F_{fact.}$	$F_{theor.}$	Influence, %
Variety (factor A)	0.2	0.3	0.6	24.9	3.1	9.6
Fertilizer (factor B)	0.2	0.3	0.6	30.5	2.5	23.4
Weather (factor C)	0.2	0.2	0.5	156.6	4.0	30.0
Interaction AB	0.3	0.5	1.0	5.3	2.0	8.1
Interaction AC	0.3	0.4	0.8	1.3	3.1	–
Interaction BC	0.3	0.4	0.8	2.9	2.5	2.3
Interaction ABC	–	–	–	5.7	2.0	8.8

Дисперсионный анализ показал, что на массу 1000 зерен преимущественно влияют два фактора: погодные условия вегетационного периода (показатель силы влияния равен 30,0 %) и минеральные удобрения (23,4 %). Наименьшая существенная разница по этим факторам была равна 0,5 и 0,6 г соответственно. Также была отмечена сортовая особенность, доля влияния которой была существенно меньше – 9,6 % при $F_{факт.} > F_{теор.}$ (таблица 3).

Энергия прорастания – показатель, который отвечает за дружные всходы, что в современном сельском хозяйстве является обязательным требованием, предъявляемым к посевному материалу. Энергия прорастания, так же как и лабораторная всхожесть, – интегральный показатель, который сочетает в себе влияние погодных условий и элементов технологии возделывания культуры. Сортовые или видовые особенности хоть и проявляются, но не имеют столь выраженного эффекта.

Таблица 4
Влияние уровня минерального питания на энергию прорастания семян овса посевного Тюменской селекции

Агрофон	Талисман		Отрада		Фома	
	$x_{cp.}$	CV, %	$x_{cp.}$	CV, %	$x_{cp.}$	CV, %
Естественный (без удобрений)	72 ± 4	5	75 ± 3	4	72 ± 3	4
Средний ($N_{40}P_{10}$)	73 ± 3	3	76 ± 4	6	75 ± 3	4
Повышенный ($N_{60}P_{40}$)	66 ± 5	8	63 ± 5	9	65 ± 2	3
Высокий ($N_{80}P_{60}$)	65 ± 5	7	61 ± 6	10	58 ± 4	7
Очень высокий ($N_{200}P_{80}$)	57 ± 5	9	59 ± 5	8	58 ± 5	9

Ошибка средней (S_x) – 0,9; точность опыта – 1,4 %; ошибка разности (S_d) – 1,3; критерий Стьюдента – 2; наименьшая существенная разность (НСР₀₅) частных различий – 3,0, CV – коэффициент вариации, %

Table 4
The influence of the level of mineral nutrition on the germination energy of seeds of oats of the Tyumen selection

Agricultural background	Talisman		Otrada		Foma	
	$x_{average}$	CV, %	$x_{average}$	CV, %	$x_{average}$	CV, %
Natural (without fertilizers)	72 ± 4	5	75 ± 3	4	72 ± 3	4
Average ($N_{40}P_{10}$)	73 ± 3	3	76 ± 4	6	75 ± 3	4
Elevated ($N_{60}P_{40}$)	66 ± 5	8	63 ± 5	9	65 ± 2	3
High ($N_{80}P_{60}$)	65 ± 5	7	61 ± 6	10	58 ± 4	7
Very high ($N_{200}P_{80}$)	57 ± 5	9	59 ± 5	8	58 ± 5	9

Average error (S_x) – 0.9; experimental accuracy – 1.4 %; difference error (S_d) – 1.3; Student's criterion – 2; the least significant difference (LSD) of partial differences – 3.0; CV – coefficient of variation, %

Зерно, которое формировалось на естественном агрофоне, характеризовалось относительно высокой энергией прорастания – 72–75 % при НСР₀₅ частных различий 3,0 % и точностью опыта 1,4 % (таблица 4). Внесение удобрений из расчета на планируемую урожайность 3,0 т/га зерна ($N_{40}P_{10}$) не оказало достоверного влияния на энергию прорастания. Дальнейшее повышение уровня минерального питания негативно отразилось на данном показателе. Минимальная энергия прорастания была зафиксирована по всем сортам на очень высоком агрофоне, рассчитанном на 6,0 т/га зерна – она составила 57–59 %. Также необходимо отметить увеличение вариабельности энергии прорастания с повышением уровня минерального питания до 8–10 %, тогда как на контроле коэффициент вариации не превышал 5 %.

Трехфакторный дисперсионный анализ показал, что энергия прорастания изучаемых сортов овса на 68,2 % зависит от уровня агрофона и лишь на 18,5 % – от погодных условий (таблица 5). Несмотря на то что $F_{факт.} > F_{теор.}$, показатель силы влияния сорта (фактор А) был минимальным – 0,5 %. Взаимодействие факторов хоть и достоверно, но также не играет определяющей роли. Это обусловлено тем, что изучаемые сорта генетически сходны по причине создания их в одном месте (НИИСХ Северного Зауралья). Можно предположить, что расклад показателей влияния факторов на энергию прорастания у сортов из разных селекционных центров будет иным.

Основопологающим показателем посевных качеств семян является лабораторная всхожесть. Для семенных партий зерна ГОСТом установлен минимальный порог этого показателя – 92 %. Лабораторную всхожесть можно считать показателем физиологической зрелости зерна, поэтому на нее могут оказывать влияние как условия выращивания, так и элементы технологии возделывания. Для овса, как и для других зерновых культур, свойственна очень высокая всхожесть. В наших опытах все изучаемые сорта на естественном агрофоне сформировали зерно с лабораторной всхожестью 91 % при коэффициенте вариации 5–6 % (таблица 6). Для повышения всхожести в такой ситуации рекомендована дополнительная сортировка партий зерна с целью увеличения доли крупных семян.

Внесение минеральных удобрений на планируемую урожайность 3,0 т/га не оказало достоверного влияния на лабораторную всхожесть зерна – отклонения от контроля были в пределах наименьшей существенной разницы частных различий (4,0 %) при точности опыта 1,7 %. Сравнение значений лабораторной всхожести естественного и среднего агрофона по НСР₀₅ по фактору В (агрофон) также не подтвердило достоверной разницы. Таким образом, можно сделать вывод, что выращивание изучаемых сортов овса на среднем агрофоне, обеспечивающем получение 3,0 т/га зерна, не приводит к ухудшению лабораторной всхожести.

Результаты трехфакторного дисперсионного анализа энергии прорастания овса посевного

Источники вариации	S_x	S_d	HCP_{05}	$F_{факт.}$	$F_{теор.}$	Влияние, %
Сорт (фактор А)	0,4	0,6	1,1	6,1	3,1	0,5
Удобрения (фактор В)	0,4	0,6	1,1	393,9	2,4	68,2
Погода (фактор С)	0,3	0,5	0,9	427,1	3,9	18,5
Взаимодействие АВ	0,7	1,0	1,9	10,4	2,0	3,6
Взаимодействие АС	0,6	0,8	1,6	3,7	3,1	0,3
Взаимодействие ВС	0,6	0,8	1,6	9,1	2,4	1,6
Взаимодействие ABC	–	–	–	2,6	2,0	0,9

Table 5

Results of three-factor dispersion analysis of the germination energy of seed oats

Sources of variation	S_x	S_d	SSD_{05}	$F_{fact.}$	$F_{theor.}$	Influence, %
Variety (Factor A)	0.4	0.6	1.1	6.1	3.1	0.5
Fertilizer (Factor B)	0.4	0.6	1.1	393.9	2.4	68.2
Weather (Factor C)	0.3	0.5	0.9	427.1	3.9	18.5
Interaction AB	0.7	1.0	1.9	10.4	2.0	3.6
Interaction AC	0.6	0.8	1.6	3.7	3.1	0.3
Interaction BC	0.6	0.8	1.6	9.1	2.4	1.6
Interaction ABC	–	–	–	2.6	2.0	0.9

Таблица 6

Лабораторная всхожесть семян овса посевного Тюменской селекции

Агрофон	Талисман		Отрада		Фома	
	$x_{cp.}$	CV, %	$x_{cp.}$	CV, %	$x_{cp.}$	CV, %
Естественный (без удобрений)	91 ± 5	5	91 ± 6	6	91 ± 5	5
Средний ($N_{40}P_{10}$)	93 ± 4	4	93 ± 3	3	92 ± 5	6
Повышенный ($N_{60}P_{40}$)	87 ± 4	4	84 ± 3	3	85 ± 2	2
Высокий ($N_{80}P_{60}$)	80 ± 4	4	77 ± 3	5	76 ± 4	6
Очень высокий ($N_{200}P_{80}$)	61 ± 5	5	63 ± 5	5	62 ± 5	8

Ошибка средней (S_x) – 1,4; точность опыта – 1,7 %; ошибка разности (S_d) – 1,9; критерий Стьюдента – 2; наименьшая существенная разность (HCP_{05}) частных различий – 4,0

Table 6

Laboratory germination of seeds of oats of the Tyumen selection

Agricultural background	Talisman		Otrada		Foma	
	$x_{average}$	CV, %	$x_{average}$	CV, %	$x_{average}$	CV, %
Natural (without fertilizers)	91 ± 5	5	91 ± 6	6	91 ± 5	5
Average ($N_{40}P_{10}$)	93 ± 4	4	93 ± 3	3	92 ± 5	6
Elevated ($N_{60}P_{40}$)	87 ± 4	4	84 ± 3	3	85 ± 2	2
High ($N_{80}P_{60}$)	80 ± 4	4	77 ± 3	5	76 ± 4	6
Very high ($N_{200}P_{80}$)	61 ± 5	5	63 ± 5	5	62 ± 5	8

Average error (S_x) – 1.4; experimental accuracy – 1.7 %; difference error (S_d) – 1.9; Student's criterion – 2; the least significant difference (LSD) of partial differences – 4.0; CV – coefficient of variation, %

Дальнейшее повышение уровня минерального питания хоть и увеличило урожайность, но негативно отразилось на лабораторной всхожести, которая уменьшилась до 61–63 %. Причиной этого является физиологическая незрелость зерна, вызванная затягиванием периода созревания. Как отмечают Л. Г. Захарова и В. Г. Власов, в благоприятные годы овес на высоком агрофоне способен дозреть и сформировать зерно с высокими посевными качествами [20, с. 47]. Однако в условиях Северного Зауралья вероятность этого невысока.

Сортовых особенностей по лабораторной всхожести на разных агрофонах обнаружено не было – отклонения были в пределах HCP_{05} по фактору А (сорт) – 1,6 %. Уровень агрофона не повлиял на коэффициент вариации только у сорта Талисман – 4–5 %. У Отрады данный показатель на среднем и повышенном агрофоне снизился до 3,0 %, но при увеличении дозы удобрений вариабельность вновь возросла. Отдельно нужно отметить сорт Фому, у которого неоднородность лабораторной всхожести на очень высоком агрофоне была существенно выше контроля: коэффициент вариации достиг 8 %, что было максимальным среди изучаемых вариантов.

Таблица 7

Результаты трехфакторного дисперсионного анализа лабораторной всхожести овса посевного

Источники вариации	S_x	S_d	$НСР_{05}$	$F_{факт.}$	$F_{теор.}$	Влияние, %
Сорт (фактор А)	0,6	0,8	1,6	1,8	3,1	–
Удобрения (фактор В)	0,6	0,8	1,6	520,2	2,4	86,8
Погода (фактор С)	0,5	0,7	1,3	10,4	3,9	0,4
Взаимодействие АВ	1,0	1,4	2,8	1,4	2,0	–
Взаимодействие АС	0,8	1,2	2,3	0,6	3,1	–
Взаимодействие ВС	0,8	1,2	2,3	28,9	2,4	4,8
Взаимодействие АВС	–	–	–	2,7	2,0	0,9

Table 7

Results of three-factor dispersion analysis of laboratory germination of seed oats

Sources of variation	S_x	S_d	LSD_{05}	$F_{fact.}$	$F_{theor.}$	Influence, %
Variety (factor A)	0.6	0.8	1.6	1.8	3.1	–
Fertilizer (factor B)	0.6	0.8	1.6	520.2	2.4	86.8
Weather (factor C)	0.5	0.7	1.3	10.4	3.9	0.4
Interaction AB	1.0	1.4	2.8	1.4	2.0	–
Interaction AC	0.8	1.2	2.3	0.6	3.1	–
Interaction BC	0.8	1.2	2.3	28.9	2.4	4.8
Interaction ABC	–	–	–	2.7	2.0	0.9

На повышенном агрофоне ($N_{60}P_{40}$) зерно сортов Отрада и Фома характеризовалось очень низким варьированием лабораторной всхожести, что указывает на возможность получения качественного семенного материала на полях с повышенным агрофоном при индивидуальном подборе элементов технологии возделывания.

Расчет показателя силы влияния отдельных факторов показал, что лабораторная всхожесть на 86,8 % зависит от минеральных удобрений. Сорт как фактор не оказал достоверного влияния ($F_{факт.} < F_{теор.}$). Доля влияния погодных условий (фактор С) была минимальна – 0,4 %. Также выявлена доля влияния взаимодействия удобрений и погодных условий вегетационного периода. Она оказалась существенно выше значений по фактору С – 4,8 % при $F_{факт.} > F_{теор.}$ (таблица 7).

Таким образом, в ходе проведенных исследований было установлено, что в условиях Северного Зауралья формирование зерна с высокими параметрами лабораторной всхожести преимущественно зависит от агрофона, на котором растет овес.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Талисман, Отрада и Фома принадлежат к группе сортов Тюменской селекции и характеризуются генетическим и фенотипическим сходством. Реакция на уровень минерального питания у сортов Отрада и Фома схожая – они способны формировать урожай зерна до 6,5 т/га, тогда как Талисман – до 5,5 т. Выявлено, что внесение удобрений на планируемую урожайность до 5,0 т/га зерна обеспечивает снижение доли мелкого зерна (< 2 мм) у Талисмана и Отрады до 8,0–8,5 %, а у Фомы – до 6,5–7,5 %. На очень высоком агрофоне ($N_{200}P_{80}$) выход мелкого зерна у сортов Талисман и Отрада возрастает до

11 и 10 % соответственно. Минеральные удобрения обеспечили увеличение массы 1000 зерен у изучаемых сортов овса на 9–11 % относительно контроля. Выращивание Талисмана на очень высоком агрофоне, рассчитанном на получение 6,0 т/га, привело к уменьшению массы 1000 зерен до значений контроля. На остальных сортах данный показатель не ухудшался. Крупность зерна преимущественно зависит от удобрений и погодных условий вегетационного периода – показатель силы влияния составил 23,4 и 30,0 % соответственно. На сортовую особенность приходилось 9,6 %.

Зерно, соответствующее требованиям к посевному материалу, было получено только на естественном и среднем агрофоне ($N_{40}P_{10}$). Энергия прорастания и лабораторная всхожесть составили 72–76 и 91–93 % соответственно. Внесение удобрений на планируемую урожайность 4,0 т/га ($N_{60}P_{40}$) незначительно снижает посевные качества, которые можно восстановить путем подбора элементов технологии возделывания в Северном Зауралье. Дальнейшее повышение уровня минерального питания, вплоть до очень высокого агрофона, приводит к резкому снижению энергии прорастания и лабораторной всхожести до 57–59 и 61–63 % соответственно. Данные показатели зависят от уровня минерального питания – показатель силы влияния составляет 86,8 %. Влияние погодных условий на лабораторную всхожесть достоверно, но их доля минимальна – 0,4 %.

Благодарности

Работа выполнена по госзаданию № 122011300103-0 и при поддержке Западно-Сибирского межрегионального научно-образовательного центра мирового уровня.

Библиографический список

1. Любимова А. В., Иваненко А. С. Овес в Тюменской области. Тюмень: НИИСХ СЗ – филиал ТюмНЦ СО РАН, 2021. 172 с.
2. Баталова Г. А., Шевченко С. Н., Жуйкова О. А. [и др.] Селекция овса пленчатого в условиях нестабильности агроклиматических ресурсов // Российская сельскохозяйственная наука. 2021. № 3. С. 11–15. DOI: 10.31857/S2500262721030030.
3. Моисеева М. Н. Влияние минеральных удобрений на урожайность и качество зерна овса в Северном Зауралье // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2021. № 4 (90). С. 35–38.
4. Eremin D. I., Eremina D. V. Simulation the fertility parameters of artificial soils for green zones in the infrastructure of cities in Western Siberia // Journal of Environmental Management and Tourism. 2018. Vol. 9. No. 3 (27). Pp. 599–604. DOI: 10.14505/jemt.9.3(27).20.
5. Касторнова М. Г., Демин Е. А., Еремин Д. И. Экологическая оценка влияния сельскохозяйственной деятельности на эмиссию углекислого газа из чернозема, выщелоченного Тобол-Ишимского междуречья // Аграрный вестник Урала. 2021. № 10 (213). С. 9–20. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-213-10-10-20.
6. Перфильев Н. В., Вьюшина О. А. Элементы плодородия и продуктивность пашни в зависимости от обработки почвы // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2020. Т. 50. № 1. С. 5–12. DOI: 10.26898/0370-8799-2020-1-1.
7. Ivanova Yu. S., Fomina M. N., Yaroslavtsev A. A. Ecological plasticity and stability of collection samples of naked oats in the conditions of the Northern TRANS-Urals // Bioscience Research. 2020. Vol. 17. No. 2. Pp. 1183–1185.
8. Киселев Е. П. Аномалии дальневосточного климата и необходимость совершенствования агротехнологий возделывания сельскохозяйственных культур // Дальневосточный аграрный вестник. 2020. № 4 (56). С. 22–31. DOI: 10.24411/1999-6837-2020-14044.
9. Яркова Н. Н., Елисеев С.Л. Урожайность и посевные качества семян овса в Предуралье // Аграрный вестник Урала. 2011. № 3 (82). С. 20–21.
10. Комарова Г. Н., Сорокина А. В. Изучение исходного материала овса в таежной зоне Западной Сибири // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2013. Т. 171. С. 218–223.
11. Еремина Д. В., Груздева Н. А., Еремин Д. И. Сравнительная оценка структурно-агрегатного состава темно-серых лесных почв лесостепной зоны Зауралья // Вестник КрасГАУ. 2019. № 12 (153). С. 57–63. DOI: 10.36718/1819-4036-2019-12-57-63.
12. Сахаров А. В., Мищенко В. В., Еремин Д. И. Агрофизические свойства чернозема, выщелоченного при различном его использовании в лесостепной зоне Зауралья // Вестник Курганской ГСХА. 2020. № 3 (35). С. 62–67.
13. Demin E. A., Eremina D. V. Balance model of humus state of arable chernozems of the Western Siberia [e-resource] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Ekaterinburg, 2022. Article number 012084. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/949/1/012084> (date of reference: 04.04.2022). DOI: 10.1088/1755-1315/949/1/012084.
14. Чикишев Д. В., Абрамов Н. В., Ларина Н. С., Шерстобитов С. В. Динамика NPK при дифференцированном внесении минеральных удобрений в режиме off-line // Аграрный научный журнал. 2021. № 10. С. 61–66. DOI: 10.28983/asj.y2021i10pp61-68.
15. Перфильев Н. В., Вьюшина О. А. Агрофизические и агрохимические свойства темно-серых лесных почв при различных системах основной обработки // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2021. Т. 51. № 3. С. 15–23. DOI: 10.26898/0370-8799-2021-3-2.
16. Гончар-Зайкин П. П., Чертов В. Г. Надстройка к EXCEL для статистической оценки и анализа результатов полевых и лабораторных опытов // Рациональное природопользование и сельскохозяйственное производство в южных регионах Российской Федерации: сборник материалов научно-практической конференции «Разработка адаптивных систем природоохранных технологий производства сельскохозяйственной продукции в аридных районах России». Москва, 2003. С. 559–565.
17. Fomina M. N., Tobolova G. V., Lyubimova A. V. New Generation Varieties of Spring Oats Selected for Areas with the Climate as in Ural, Siberia and the Far East of Russia // Advances in Engineering Research: materials of the International scientific and practical conference. Tyumen, 2018. Pp. 201–205. DOI: 10.2991/agrosmart-18.2018.39.
18. Фомина М. Н. Создание сортов зернофуражных культур адаптированных к условиям Зауралья и Сибири // Оптимизация селекционного процесса – фактор стабилизации и роста продукции растениеводства Сибири ОСП – 2019: материалы международной научной конференции, проведенной в рамках 46-го заседания Объединенного научного и проблемного совета по растениеводству, селекции, биотехнологии и

семеноводству ОУС СО РАН по сельскохозяйственным наукам и, посвящённой 90-летию академика РАН Гончарова П. Л. Красноярск, 2019. С. 134–139.

19. Ахтариева М. К., Белкина Р. И., Сердюкова Л. А., Моисеева К. В. Физические свойства зерна сортов яровой пшеницы в условиях Северного Зауралья // Вестник КрасГАУ. 2018. № 3 (138). С. 3–8.

20. Захарова Л. Г., Власов В. Г. Влияние элементов интенсификации на посевные качества семян овса // Достижения науки и техники АПК. 2015. Т. 29. № 10. С. 46–49.

Об авторах:

Дмитрий Иванович Еремин¹, доктор биологических наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории геномных исследований в растениеводстве, ORCID 0000-0002-3672-6060, AuthorID 318870; +7 912 927-13-86, soil-tyumen@yandex.ru

Мария Николаевна Моисеева², аспирант, ORCID 0000-0002-7921-3767, AuthorID 914831; +7 904 495-16-50, moiseeva.marie@yandex.ru

Анна Валерьевна Любимова¹, кандидат биологических наук, заведующая лабораторией геномных исследований в растениеводстве, ORCID 0000-0002-1570-9595, AuthorID 819322; +7 952 341-08-87, ostapenkoav88@yandex.ru

¹ Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Северного Зауралья – филиал Федерального исследовательского центра Тюменского научного центра Сибирского отделения Российской академии наук, Тюмень, Россия

² Государственный аграрный университет Северного Зауралья, Тюмень, Россия

Genetic and agrotechnological features of the formation of sowing qualities of oats at different levels of mineral nutrition

D. I. Eremin¹✉, M. N. Moiseeva², A. V. Lyubimova¹

¹ Research 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, Tyumen, Russia

² State Agrarian University of the Northern Trans-Urals, Tyumen, Russia

✉ E-mail: soil-tyumen@yandex.ru

Abstract. The purpose is to study the genetic and agrotechnological features of the formation of the sowing qualities of oat grain at various agricultural backgrounds in the forest-steppe of the Trans-Urals. **Materials and methods.** The research was carried out on an experimental field located in the forest-steppe zone of the Trans-Urals. The object of the study were three varieties of oats, which were sown on different agricultural grounds, ensuring the formation of yields from 3.0 to 6.0 t/ha of grain. The mass of 1000 grains, the proportion of fine grains, germination energy and laboratory germination were determined. **Results.** On the natural agricultural background, the Talisman and Otrada varieties form a yield of 1.41 and 1.85 t/ha with a fraction of fine grain (< 2.0 mm) up to 11 %. In the Foma variety on the natural agricultural background, this indicator was 7.5 %. The introduction of mineral fertilizers for the planned yield from 3.0 to 5.0 t/ha reduces the amount of fine grain only in the Talisman and Foma varieties. Grain with high sowing qualities is formed on a natural agricultural background and when fertilizers are applied to the planned yield of 3.0 t/ha. The grain obtained on such variants had 72–76 % germination energy and 91–93% laboratory germination. Grain obtained at a high and very high agricultural background had low sowing indicators: germination energy and laboratory germination reached minimum values: 57–59 and 61–63 %, respectively. It was found that the mass of 1000 grains depends on fertilizers by 23.4 % and 30.0 % on the weather conditions of the growing season. Varietal characteristics account for 9.6 %. Laboratory germination of the studied varieties by 86.8 % depends on the level of mineral nutrition. **Scientific novelty.** For the first time for the Northern Trans-Urals, an optimal level of agricultural background has been established, providing maximum yield of oat grain with high sowing qualities. **Recommendations.** In the forest-steppe zone of the Trans-Urals, the cultivation of oats for seed purposes is recommended in fields with an average or increased agricultural background, designed to obtain yields of 3.0 and 4.0 t/ha.

Keywords: varieties of intensive type, planned yield, seed material, high agricultural background, germination energy, laboratory germination, indicator of the strength of influence, genetics of the variety, mineral fertilizers.

For citation: Eremin D. I., Moiseeva M. N., Lyubimova A. V. Geneticheskiye i agrotekhnologicheskiye osobennosti formirovaniya posevnykh kachestv ovsa pri razlichnom urovne mineral'nogo pitaniya [Genetic and agrotechnological features of the formation of sowing qualities of oats at different levels of mineral nutrition] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2022. No. 08 (223). Pp. 27–38. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-223-08-27-38. (In Russian.)

Date of paper submission: 04.05.2022, **date of review:** 20.05.2022, **date of acceptance:** 30.05.2022.

References

1. Lyubimova A. V., Ivanenko A. S. Oves v Tyumenskoy oblasti [Oats in the Tyumen region]. Tyumen: NIISKH SZ – filial TyumNTs SO RAN, 2021. 172 p. (In Russian.)
2. Batalova G. A., Shevchenko S. N., Zhuykova O. A. et al. Seleksiya ovsa plenchatogo v usloviyakh nestabil'nosti agroklimaticheskikh resursov [Breeding of covered oats in conditions of instability of agroclimatic resources] // Russian Agricultural Sciences. 2021. No. 3. Pp. 11–15. DOI: 10.31857/S2500262721030030. (In Russian.)
3. Moiseeva M. N. Vliyaniye mineral'nykh udobreniy na urozhaynost' i kachestvo zerna ovsa v Severnom Zaural'ye [Influence of mineral fertilizers on the yield and quality of oat grain in the northern Trans-Urals] // Izvestia Orenburg State Agrarian University. 2021. No. 4 (90). Pp. 35–38. (In Russian.)
4. Eremin D. I., Eremina D. V. Simulation the fertility parameters of artificial soils for green zones in the infrastructure of cities in Western Siberia // Journal of Environmental Management and Tourism. 2018. Vol. 9. No. 3 (27). Pp. 599–604. DOI: 10.14505/jemt.9.3(27).20.
5. Kastornova M. G., Demin E. A., Eremin D. I. Ekologicheskaya otsenka vliyaniya sel'skokhozyaystvennoy deyatel'nosti na emissiyu uglekislogo gaza iz chernozema, vyshchelochennogo Tobol-Ishimskogo mezhdurech'ya [Ecological assessment of the impact of agricultural activity on the emission of carbon dioxide from the leached chernozem of the Tobol-Ishim interfluve] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2021. No. 10 (213). Pp. 9–20. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-213-10-10-20. (In Russian.)
6. Perfil'yev N. V., V'yushina O. A. Elementy plodorodiya i produktivnost' pashni v zavisimosti ot obrabotki pochvy [Elements of fertility and productivity of arable land depending on the soil tillage system] // Siberian Herald of Agricultural Science. 2020. Vol. 50. No. 1. Pp. 5–12. DOI: 10.26898/0370-8799-2020-1-1. (In Russian.)
7. Ivanova Yu. S., Fomina M. N., Yaroslavtsev A. A. Ecological plasticity and stability of collection samples of naked oats in the conditions of the Northern TRANS-Urals // Bioscience Research. 2020. Vol. 17. No. 2. Pp. 1183–1185.
8. Kiselev E. P. Anomalii dal'nevostochnogo klimata i neobkhodimost' sovershenstvovaniya agrotekhnologiy vozdeleyvaniya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur [Anomalies of the far eastern climate and the need to improve agricultural technologies for crop cultivation] // Far East Agrarian Bulletin. 2020. No. 4 (56). Pp. 22–31. DOI: 10.24411/1999-6837-2020-14044. (In Russian.)
9. Yarkova N. N., Eliseyev S.L. Urozhaynost' i posevnyye kachestva semyan ovsa v Predural'ye [Yield and crop quality of oats in the Pre Urals] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2011. No. 3 (82). Pp. 20–21. (In Russian.)
10. Komarova G. N., Sorokina A. V. Izucheniye iskhodnogo materiala ovsa v tayezhnoy zone Zapadnoy Sibiri [Results of testing oat breeding material in the taiga zone of Western Siberia] // Proceedings on applied botany, genetics and breeding. 2013. Vol. 171. Pp. 218–223. (In Russian.)
11. Eremina D. V., Gruzdeva N. A., Eremin D. I. Sravnitel'naya otsenka strukturno-agregatnogo sostava temno-serykh lesnykh pochv lesostepnoy zony Zaural'ya [Comparative assessment of the structural and aggregate composition of dark gray forest soils of the forest-steppe zone of the Trans-Urals] // Bulletin of KrasSAU. 2019. No. 12 (153). Pp. 57–63. DOI: 10.36718/1819-4036-2019-12-57-63. (In Russian.)
12. Sakharov A. V., Mishchenko V. V., Eremin D. I. Agrofizicheskiye svoystva chernozema, vyshchelochennogo pri razlichnom ego ispol'zovanii v lesostepnoy zone Zaural'ya [Agrophysical properties of leached chernozem at its different use in the forest-steppe zone of Zauralye] // Vestnik Kurganskoy GSKhA. 2020. No. 3 (35). Pp. 62–67. (In Russian.)
13. Demin E. A., Eremina D. V. Balance model of humus state of arable chernozems of the Western Siberia [e-resource] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Ekaterinburg, 2022. Article number 012084. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/949/1/012084> (date of reference: 04.04.2022). DOI: 10.1088/1755-1315/949/1/012084.
14. Chikishev D. V., Abramov N. V., Larina N. S., Sherstobitov S. V. Dinamika NPK pri differentsirovannom vnesenii mineral'nykh udobreniy v rezhime off-line [NPK dynamics with differential mineral fertilization in off-

line mode] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2021. No. 10. Pp. 61–66. DOI: 10.28983/asj.y2021i10pp61-68. (In Russian.)

15. Perfil'yev N. V., V'yushina O. A. Agrofizicheskiye i agrokhimicheskiye svoystva temno-serykh lesnykh pochv pri razlichnykh sistemakh osnovnoy obrabotki [Agrophysical and agrochemical properties of dark grey forest soils under different systems of basic tillage] // Siberian Herald of Agricultural Science. 2021. Vol. 51. No. 3. Pp. 15–23. DOI: 10.26898/0370-8799-2021-3-2. (In Russian.)

16. Gonchar-Zaykin P. P., Chertov V. G. Nadstroyka k EXCEL dlya statisticheskoy otsenki i analiza rezul'tatov polevykh i laboratornykh opytov [EXCEL add-on for statistical evaluation and analysis of field and laboratory experiments] // Ratsional'noye prirodopol'zovaniye i sel'skokhozyaystvennoye proizvodstvo v yuzhnykh regionakh Rossiyskoy Federatsii: sbornik materialov nauchno-prakticheskoy konferentsii "Razrabotka adaptivnykh sistem prirodookhrannykh tekhnologiy proizvodstva sel'skokhozyaystvennoy produktsii v aridnykh rayonakh Rossii". Moscow, 2003. Pp. 559–565. (In Russian.)

17. Fomina M. N., Tobolova G. V., Lyubimova A. V. New Generation Varieties of Spring Oats Selected for Areas with the Climate as in Ural, Siberia and the Far East of Russia // Advances in Engineering Research: materials of the International scientific and practical conference. Tyumen, 2018. Pp. 201–205. DOI: 10.2991/agrosmart-18.2018.39.

18. Fomina M. N. Sozdaniye sortov zernofurazhnykh kul'tur adaptirovannykh k usloviyam Zaural'ya i Sibiri [creation of grain forage crops varieties adapted to the conditions of the trans-Ural and Siberia] // Selection process optimization as a factor of stabilization and growth of crop production in Siberia OSP – 2019: materials of the international scientific conference held as part of the 46th meeting of the Joint Scientific and Problem Council for Plant Growing, Breeding, Biotechnology and Seed Production of the OUS SB RAS in Agricultural Sciences and dedicated to 90 anniversary of Academician RAS Goncharov P. L. Krasnoyarsk, 2019. Pp. 134–139. (In Russian.)

19. Akhtariyeva M. K., Belkina R. I., Serdyukova L. A., Moiseyeva K. V. Fizicheskiye svoystva zerna sortov yarovoy pshenitsy v usloviyakh Severnogo Zaural'ya [Physical properties of grain of spring wheat varieties in the conditions of the northern Trans-Urals region] // Bulletin of KrasSAU. 2018. No. 3 (138). Pp. 3–8. (In Russian.)

20. Zakharova L. G., Vlasov V. G. Vliyaniye elementov intensivatsii na posevnyye kachestva semyan ovsa [Stipler is a perspective variety of chaffy oats of complex use] // Achievements of Science and Technology of AIC. 2015. Vol. 29. No. 10. Pp. 46–49. (In Russian.)

Authors' information:

Dmitriy I. Eremin¹, doctor of biological sciences, associate professor, leading researcher,

ORCID 0000-0002-3672-6060, AuthorID 318870; +7 912 927-13-86, soil-tyumen@yandex.ru

Mariya N. Moiseeva², postgraduate, ORCID 0000-0002-7921-3767, AuthorID 914831; +7 904 495-16-50, moiseeva.marie@yandex.ru

Anna V. Lyubimova¹, candidate of biological sciences, head of the laboratory of genomic research in crop production, ORCID 0000-0002-1570-9595, AuthorID 819322; +7 952 341-08-87, ostapenkoav88@yandex.ru

¹ Research 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, Tyumen, Russia

² State Agrarian University of the Northern Trans-Urals, Tyumen, Russia