

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Государственный аграрный университет Северного Зауралья»

На правах рукописи

Моисеева
Мария Николаевна

Влияние уровня минерального питания на урожайность и качество сортов овса
интенсивного типа в условиях лесостепи Зауралья

4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение,
защита и карантин растений

Диссертация на соискание учёной степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Научный руководитель: д. биол. н., доцент
Ерёмин Дмитрий Иванович

Тюмень, 2024

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА 1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ	11
1.1 Биологические особенности минерального питания овса.....	12
1.2 Потребность овса в минеральных удобрениях и эффективность применения удобрений.....	17
1.3 Экономическая и биоэнергетическая эффективность применения минеральных удобрений под сорта овса интенсивного типа.....	28
ГЛАВА 2 УСЛОВИЯ, МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	33
2.1 Почвенно-климатические условия лесостепной зоны Зауралья и место проведения исследования.....	33
2.2 Погодные условия в годы проведения исследований	37
2.3 Методика исследований	40
2.4 Агротехника.....	46
ГЛАВА 3 ВЛИЯНИЕ УРОВНЯ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ НА ХОЗЯЙСТВЕННО-ЦЕННЫЕ ПРИЗНАКИ ОВСА.....	47
3.1 Продолжительность вегетационного периода	47
3.2 Высота растений и устойчивость к полеганию.....	49
ГЛАВА 4 РОЛЬ ВОЗРАСТАЮЩИХ ДОЗ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ И ЭЛЕМЕНТЫ СТРУКТУРЫ УРОЖАЯ.....	61
4.1 Продуктивность овса	61
4.2 Структура урожая	64
ГЛАВА 5 ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА КАЧЕСТВО ЗЕРНА ОВСА.....	71
5.1 Технологические качества	71
5.2 Биохимические показатели качества	73
5.3 Посевные качества	83
ГЛАВА 6 ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПОГЛОЩЕНИЯ НРК ОВСОМ ПРИ ВНЕСЕНИИ ВОЗРАСТАЮЩИХ ДОЗ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ	88

6.1 Влияние минеральных удобрений на динамику содержания питательных веществ в пахотном слое	88
6.2 Содержание элементов минерального питания в зерне и соломе	100
6.3 Хозяйственный и удельный вынос питательных веществ	109
6.4 Балансовый коэффициент использования питательных веществ.....	116
ГЛАВА 7 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВНЕСЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ПЛАНИРУЕМУЮ УРОЖАЙНОСТЬ ОВСА.....	
7.1 Экономическая эффективность	119
7.2 Энергетическая оценка.....	124
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	128
ПРЕДЛОЖЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВУ	132
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	133
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	164

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность. Среди зерновых культур овёс выделяется своей способностью расти и формировать урожай на низкоплодородных почвах. В связи с этим сложилось мнение, что ему не требуется большого количества питательных веществ для формирования урожая. Поэтому овёс обычно высевают замыкающей культурой в севообороте, без внесения удобрений или с минимальными дозами.

Урожайность овса на низкоплодородных почвах снижается, но не так сильно, как у других зерновых культур. Это обусловлено тем, что овёс способен усваивать труднодоступные формы питательных веществ за счёт корневых выделений, обладающих высокой кислотностью. На плодородных почвах или при внесении минеральных удобрений эффективность поглощения питательных веществ у овса значительно превосходит яровую пшеницу и ячмень (Окорков В.В., Фенова О.А., Окоркова Л.А., 2019; Перфильев Н.В., Вьюшина О.А., 2020; Синявский И.В. [и др.], 2021; Савачаев А.В., Васин В.Г., Захарова О.А., 2023).

Внесение удобрений под овёс без научного обоснования обычно приводит к неожиданным результатам. Аграрии неоднократно отмечают, что при внесении минеральных удобрений происходит очень сильное увеличение вегетативной массы, которая складывается из высоты растений (прибавка на 10-40% относительно контроля), а также из-за формирования дополнительных побегов. Это стало причиной очень большой проблемы, с которой сталкиваются все, кто выращивает овёс с использованием минеральных удобрений. Бурная реакция овса на повышение уровня минерального питания выражается в полегании посевов, что негативно отражается как на урожайности, так и на качестве получаемой продукции. На полях с высоким агрофоном отмечается повсеместное полегание овса, которое приводит к потере зерна до 30% от биологического урожая (Пасынкова Е.Н., Завалин А.А.

[и др.], 2018; Тулякова М.В., Баталова Г.А. [и др.], 2023). Данную проблему возможно решить, используя генетический потенциал современных сортов овса и научно-обоснованную систему удобрений.

Минеральные удобрения также затягивают вегетацию овса, что в регионах с умеренным климатом становится критичным из-за большой вероятности заморозков в начале осени и дождливой погоды. Помимо этого, на удобренных полях может произойти ухудшение технологических и посевных качеств зерновой массы. Единственный способ избежать выше указанных проблем – разработка системы удобрений под конкретные почвенно-климатические условия региона и выбор сорта, способного формировать высокий урожай без существенного удлинения вегетационного периода и не лежащего на высоких агрофонах.

При разработке системы удобрений обычно пользуются устаревшими нормативными агрохимическими показателями или установленными для других регионов, отличающихся почвенно-климатическими условиями. В конечном итоге это приводит к нарушению питательного режима и недобору качественного зерна. В современных условиях ведения сельского хозяйства требуется получение зерна целевого назначения, что обуславливает необходимость разработки индивидуальной системы удобрений для получения продовольственного, фуражного или семенного зерна. Поэтому актуальность уточнения нормативных агрохимических показателей (удельный вынос, коэффициенты использования питательных веществ из почвы и удобрений) с каждым годом возрастает.

Несбалансированность минерального питания овса может негативно отразиться на его фитосанитарном состоянии. Как отмечают А.Н. Воронин, А.М. Труфанов и С.В. Щукин (2021), высокие дозы минеральных удобрений способствуют сильному поражению болезнями, стимулируют вспышку засоренности, особенно многолетними сорняками (Моторин А.С., Малышкин Н.Г. [и др.], 2018). Это приводит к необходимости использовать обработку

пестицидами, что повышает себестоимость зерна и ухудшает экологическое состояние агроэкосистем.

Как показала практика и анализ результатов научной деятельности учёных агрохимиков, земледелов и растениеводов, проблема оптимизации минерального питания для сортов овса интенсивного типа до настоящего

Ранее в проводимых исследованиях в лесостепной зоне Зауралья не изучалась сортовая реакция на возрастающие дозы удобрений при получении урожайности до 6,0 т/га зерна с высокими технологическими и посевными качествами.

Цель исследований – установить влияние уровня минерального питания на урожайность, хозяйственно-ценные свойства и скорректировать нормативные агрохимические показатели овса в условиях лесостепи Зауралья.

Задачи исследований:

- изучить влияние возрастающих доз минеральных удобрений на урожайность и элементы её структуры сортов овса интенсивного типа: Талисман, Отрада и Фома;
- установить роль возрастающих доз минеральных удобрений на фенологию и устойчивость к полеганию овса;
- изучить динамику содержания питательных веществ в чернозёме при внесении удобрений и определить эффективность их поглощения;
- выявить влияние уровня минерального питания на удельный вынос питательных веществ урожаем овса;
- изучить роль удобрений, генотипа и погодных условий на биохимические, технологические и посевные качества зерна овса;
- дать оценку экономической и биоэнергетической эффективности используемых доз удобрений на планируемые урожайности овса;
- обосновать дозы минеральных удобрений для получения планируемой урожайности овса целевого назначения.

Научная новизна. Впервые в лесостепной зоне Зауралья было изучено влияние возрастающего уровня минерального питания на хозяйственно-ценные признаки (высота растений, полегание), технологические (натура, плёнчатость), биохимические (содержание протеина, крахмала, масла) и посевные (энергия прорастания, лабораторная всхожесть) свойства сортов овса интенсивного типа. Уточнён удельный вынос питательных веществ для формирования одной тонны зерна. Определён балансовый коэффициент использования азота и фосфора из удобрений при различном уровне минерального питания. Доказана эффективность внесения возрастающих доз удобрений на планируемую урожайность овса с использованием биоэнергетической и экономической оценки. Рекомендован уровень минерального питания овса для получения продовольственного, зернофуражного и семенного зерна.

Теоретическая и практическая значимость. Установлена роль уровня минерального питания в формировании хозяйственно-ценных свойств овса. Уточнены нормативные агрохимические показатели при использовании различных доз минеральных удобрений. Выявлена реакция сортов овса Талисман, Отрада и Фома на различные уровни минерального питания. Определены критические дозы удобрений, при которых происходит полегание посевов овса и ухудшаются показатели качества зерна. Установлены балансовые коэффициенты использования азота и фосфора из удобрений. Определён хозяйственный и удельный вынос NPK с единицей урожая. Выявленные закономерности использованы при разработке системы минеральных удобрений при выращивании овса на разные цели в лесостепной зоне Зауралья.

Методология и методы исследований. Методология исследований основана на изучении научной литературы, составлении программы исследований. При постановке и проведении полевых и лабораторно-аналитических исследований руководствовались общепринятыми ГОСТами и

методиками. Статистическая обработка результатов проведена методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову на ПЭВМ с использованием приложения к Excel.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Минеральные удобрения обеспечивают получение урожайности овса до 5,0 т/га зерна. Дальнейшее повышение урожайности приводит к полеганию посевов, затягивает вегетацию на 16-21 сутки, снижает посевные качества семян и массу 1000 зёрен.

2. Внесение минеральных удобрений в дозах $N_{60}P_{20}$ и $N_{90}P_{40}$, рассчитанных на получение 3,0 и 4,0 т/га обеспечивает повышение содержания протеина в зерне с 6,7-8,9 до 8,2-10,5%; крахмала – до 48,3-52,4%. Содержание масла не имеет существенной зависимости от уровня минерального питания.

3. Для формирования одной тонны зерна овса сортов Талисман, Отрада и Фома установлены значения удельного выноса элементов питания: 16 кг азота, 14 кг фосфора, 24 кг калия; превышение среднего уровня минерального питания увеличивает удельный вынос азота на 25-56%, фосфора – на 28%, калия – на 38%.

Достоверность результатов подтверждается современными методами проведения полевых опытов, необходимым количеством наблюдений и учётов, наличием достаточного количества полученных экспериментальных данных и результатами их статистической обработки.

Апробация работы. Основные положения работы представлены на научно-практических конференциях: «Перспективные разработки и прорывные технологии в АПК» (Тюмень, 2020); «Молодёжная наука: вызовы и перспективы» (Макаевка, 2021); «Новый взгляд на развитие аграрной науки» (Тюмень, 2021); «Интеграция науки и образования в аграрных вузах для обеспечения продовольственной безопасности России» (Тюмень, 2022);

«Проблемы селекции – 2022» (Москва, 2022); «Генетические ресурсы России» (Санкт-Петербург, 2023).

Реализация результатов исследований прошли производственную проверку в ООО «Возрождение», «Калининский», КФХ «Замиралова О.В.» Тюменской области на площади 320 га, используются в учебном процессе.

Публикации. Основное содержание диссертации отражено в 28 печатных работах, в том числе 3 публикации в базе Scopus, 19 статей в рецензируемых научных журналах из перечня ВАК РФ, из которых 6 входят в ядро РИНЦ.

Личный вклад автора состоит в получении результатов, изложенных в диссертации: постановка проблемы возделывания овса в лесостепи Зауралья, разработка схемы полевого опыта, проведение полевых и лабораторных исследований, анализ полученных данных, внедрение результатов исследований в сельскохозяйственное производство Тюменской области.

Объект исследований – уровень минерального питания, обеспечивающий формирование урожайности сортов овса до 6,0 т/га. Сорта овса интенсивного типа: Талисман, Отрада и Фома.

Объем и структура диссертации. Диссертация состоит из введения, семи глав, заключения, предложения производству, списка литературы и приложений. Работа изложена на 182 страницах компьютерного набора. Включает 26 таблиц и 21 рисунок, содержит 27 приложений. Список литературы состоит из 231 источника, в том числе 25 – зарубежных авторов.

Благодарности. Автор выражает глубокую признательность научному руководителю доктору биологических наук, доценту Дмитрию Ивановичу Ерёмину за руководство диссертационной работой, за ценные советы, критические замечания и предложения. Автор благодарит доктора сельскохозяйственных наук, профессора кафедры Почвоведения и агрохимии Николая Васильевича Абрамова и сотрудников кафедры Почвоведения и агрохимии ГАУ Северного Зауралья; доктора биологических наук, профессора кафедры общей химии им. И.Д. Комиссарова Ираиду Владимировну Грехову.

Отдельная благодарность родным и близким людям за моральную поддержку, понимание и помощь в проведении полевых исследований.

ГЛАВА 1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Одна из ключевых проблем в обеспечении продовольственной безопасности страны – увеличение производства зерна, в том числе зернофуражной культуры – овса. Повышение продуктивности таких культур, как овёс, в настоящее время является актуальной задачей. По данным Росстата средняя урожайность овса по России составляет 1,78 т/га, что для современной рыночной экономики крайне низкий показатель. Причин столь низкой урожайности овса достаточно много, но все они так или иначе сводятся к нарушению питательного режима. Общепринятое мнение, что овёс способен расти на низкоплодородных почвах, привело к тому, что многие аграрии выращивают овёс замыкающей культурой в севообороте, где урожай формируется за счёт последствий удобрений, внесенных под предшествующие культуры. Для современных сортов овса интенсивного типа это неприемлемо, поскольку, как отмечают В.Г. Васин с коллегами (2021) их потенциал раскрывается только на высоких агрофонах. Еще одно мнение, что овёс универсальная культура продовольственного и фуражного назначения и система удобрений для таких посевов может быть едина. Как показала практика, это не соответствует действительности.

Минеральные удобрения влияют не только на урожайность, но и на качество зерна, главным образом на его крупность, натуру и биохимический состав. Также оптимизация минерального питания за счет научно-обоснованного применения удобрений позволяет раскрыть генетический потенциал сортов зерновых культур интенсивного типа (Глуховцев В.В., Санина Н.В., 2016; Коробейников Н.И., Валекжанин В.С., 2021). Оптимальный уровень минерального питания смягчает воздействие стресса от жары, засухи, действия пестицидов (Борин А.А., Лоцинина А.Э., 2019; Кафтан Ю.В., Митрофанов Д.В., 2019).

Уже более 20 лет как в производство вошли сорта интенсивного типа зерновых и технических культур. Овёс не является исключением и к настоящему времени селекционеры выводят новые сорта, которые по умолчанию относятся к интенсивному типу. Эти сорта раскрывают свой генетический потенциал только при высоком уровне минерального питания, но на полях с естественным плодородием, они обычно проигрывают по урожайности и качеству традиционным сортам экстенсивного типа (Артемьев А.А., 2023; Васин А.В., Захарова О.А. [и др.], 2024). Сравнительная оценка зернофуражных культур интенсивного типа показала, что повышение уровня минерального питания не вызывает стрессовой реакции только у овса, тогда как ячмень при дефиците влаги и жаркой погоде негативно отзывается на высокие дозы удобрений (Винокуров И.Ю., Шаркевич В.В., 2022).

При возделывании современных сортов овса интенсивного типа необходимо чёткое понимание назначения получаемой продукции и разработка индивидуальной системы удобрений под определённый сорт в конкретных почвенно-климатических условиях. Так, Н.М. Мудрых (2019) установила, что продовольственное зерно овса с высокими технологическими качествами возможно получить только при подборе сорта и разработке под него системы удобрений. К аналогичному заключению пришли и другие учёные (Белкина Р.И., Маринова М.И., 2012; Фомина М.Н., Брагин Н.А., 2020).

1.1 Биологические особенности минерального питания овса

Овёс – типичный мезофит из группы злаковых растений. Это растение предпочитает умеренные широты с достаточно хорошим увлажнением и средними летними температурами. В отличие от ячменя и пшеницы, которые более засухо- и жароустойчивы, возделывание овса традиционно ведётся в подтаёжной и лесостепной зонах. Благодаря работе селекционеров появились сорта, обладающие устойчивостью к засухе, высоким температурам,

засолению почв, имеющие нейтральный фотопериодизм (Косарева И.А., Кошкин В.А., 2007). Это обеспечило существенное расширение зоны возделывания овса на планете, но привело к необходимости разработки системы удобрений для конкретных почвенно-климатических условий.

По мнению С.Н. Немцева и Р.Б. Шарипова (2021) овёс является влаголюбивым растением, эффективность поглощения питательных веществ из почвы которого полностью зависит от условий увлажнения. Именно это является причиной низких урожаев овса в засушливых условиях, а не стресс, вызванный дефицитом почвенной влаги. Как отмечают Д.Ю. Журавлев, Т.М. Ярошенко и Н.В. Климова (2022), потепление климата, не сопровождаемое увеличением сумм осадков, может привести к укорачиванию вегетационного периода и уменьшению урожайности овса районированных сортов. По мнению О.Т. Ермолаева (2007), который проводил исследования в степях Казахстана, при снижении влажности почвы, доступность фосфора в почве резко снижается. Это подтвердили и другие ученые (Зайцева Г.А., Ряскова О.М., 2022). Несмотря на способность овса поглощать труднодоступные питательные вещества из почвы, при дефиците почвенной влаги корневых выделений становится недостаточно для растворения фосфатов, а наличие карбонатов усугубляет ситуацию с минеральным питанием. Внесение удобрений в засушливых условиях не решает проблемы, так как эффективность их поглощения также резко снижается (Исаева И.Ю., 2018; Коляда В.В., 2021). Это становится основной причиной малого распространения овса южнее лесостепной зоны.

Применение минеральных удобрений в разных природно-климатических зонах имеет неоднозначный эффект. По наблюдениям В.Н. Макарова (2016), на Дальнем Востоке даже минимальные дозы удобрений, вносимые в виде подкормки, негативно влияли на качество зерна. В то же время В.В. Пронько (2023) со своими коллегами отмечали, что в степных районах Поволжья эффект от удобрений диаметрально противоположен. В Среднем Поволжье,

как отмечают В.Г. Васин с коллегами (2024), внесение $N_{30}P_{30}K_{30}$ обеспечивает урожайность овса 2,71-2,82 т/га плёнчатых и 2,45-2,68 т/га голозёрных сортов. Для получения аналогичного результата в лесостепи Зауралья необходимо внести, по мнению Д.И. Ерёмкина и М.Г. Уфимцевой (2013), удобрения в дозе не менее $N_{50}P_{20}$. В Омской области, по мнению А.И. Мансаповой и её коллег (2020), оптимальной дозой для получения 3,0 т/га зерна будет $N_{30}P_{60}$. В Центральной зоне Белоруссии для получения 5,0 т/га зерна овса необходимо внесение не менее 90 кг/га азота (Власов А.Г., Халецкий С.П., Булавина Т.М., 2022). Причиной высокой дозы, утверждают учёные, является низкое эффективное плодородие пашни. В условиях Поволжья эффективной дозой для получения аналогичной урожайности считается $N_{45-60}P_{60-90}K_{50-60}$ (Чуб М.П. [и др.], 2016). На чернозёмных почвах Воронежской области В.И. Бровкин рекомендует для получения урожайности 5,0 т/га внесение NPK в дозе 90 кг/га д.в. каждого элемента питания (Бровкин В.И., 2008).

В ходе многолетних полевых опытов (28 лет), проведенных в Бурятии, Е.М. Емельянов со своими коллегами установил, что внесение удобрений в дозе $N_{40}P_{40}$ обеспечивает прибавку урожайности 0,8 т/га, по сравнению с контролем, где удобрения не вносили. Добавление к основному удобрению 40 кг калия не обеспечивает дополнительной прибавки урожайности овса, но снижает окупаемость удобрений зерном (Емельянов А.М., Лапухин Т.П., 2013).

Л.К. Бутковская, Д.Н. Кузьмин, Г.М. Агеева, В.В. Казанов в 2018 году отмечали, что фоновое внесение удобрений в дозе $N_{30}P_{30}K_{60}$ по-разному влияет на урожайность и качество зерна изучаемых сортов овса. Особенно это выражается при неблагоприятных погодных условиях вегетационного периода. Данный факт подтверждает, что выращивание овса интенсивного типа требует разработки сортовой системы удобрений под конкретные почвенно-климатические условия.

Овёс в максимальной степени реагирует на разные дозы удобрений при системе обработки почвы, обеспечивающей максимальное накопление и сохранение почвенной влаги. Об этом факте говорят Алтайские ученые С.В. Усенко, В.И. Усенко, А.А. Гаркуша [и др.] (2020), которые в ходе многолетних комплексных исследований установили вклад каждого фактора в формировании урожайности овса. Ими было выявлена высокая степень взаимодействия факторов: удобрения – запасы продуктивной влаги; удобрения – пестициды.

В ходе полевых опытов с дозами удобрений от 30 до 150 кг д.в./га азота, фосфора и калия в Кировской области В.Д. Абашев, Ф.А. Попов, Е.Н. Носкова и С.Н. Жук (2018) установили, что урожайность овса преимущественно определяется азотными и фосфорными удобрениями. Низкую эффективность калийных удобрений они объясняют тем, что коэффициент использования калия из почвы и удобрений существенно выше, чем у других зерновых культур. Окупаемость $N_{60}P_{60}$ и $N_{90}P_{30}K_{30}$ составила 6,4 и 6,9 кг зерна, при недостоверной разнице.

В.Ю. Листков утверждает, что получение высоких урожаев зерна овса возможно только при научно-обоснованном расчёте дозы минеральных удобрений, учитывая, как почвенно-климатические условия, так и элементы технологии возделывания овса в регионе. По его расчётам в лесостепи Новосибирской области для получения урожайности 5,0 т/га (обоснование по ФАР и биоклиматическому потенциалу) требуется внесение: азота - 201,3 кг, фосфора - 238,2 кг и калия - 195,9 кг (Листков В.Ю., 2018).

В условиях достаточного увлажнения роль обработки почвы под овёс заметно снижается. Так в ходе многолетних стационарных наблюдений Л.Н. Прокина установила, что урожайность овса зависит только от уровня минерального питания, а основная обработка почвы (вспашка и безотвальное рыхление) имеет эффект только при отсутствии минеральных удобрений (Прокина Л.Н., Хвостов Е.Н., 2019).

Как следует из анализа научной литературы, причиной широкого диапазона варьирования доз минеральных удобрений, необходимых для формирования одинаковой урожайности овса в разных регионах является неоднородность условий произрастания: температура и влажность почвы, кислотность-щелочная характеристика, биологическая активность. Как отмечают Г.А. Баталова с коллегами (2021), с продвижением на север и восток России, дозы удобрений под зерновые культуры, в том числе и овёс, будут увеличиваться, поскольку микробиологическая активность в пашне снижается.

Овёс относится к растениям с наименьшей потребностью в тепле среди зерновых культур. Семена овса начинают прорастать уже при температуре $+2...+3^{\circ}\text{C}$. Наиболее благоприятная температура для появления всходов $15-18^{\circ}\text{C}$, а для развития корневой системы овса благоприятной температурой является $+5...+10^{\circ}\text{C}$, при которой отмечается максимальная эффективность поглощения азота и фосфора. При температуре почвы свыше 15 градусов – рост корней замедляется, и эффективность поглощения питательных веществ снижается. Эту особенность овса подтвердили и в более поздних работах О.А. Исачкова с коллегами (2018).

Формирование зерна и генеративных органов начинается при $+10...+12^{\circ}\text{C}$, оптимальная температура произрастания – $+20...+23^{\circ}\text{C}$. Овёс устойчив к временным перепадам температуры. Он частично повреждается и погибает при отрицательных температурах ($-7...-8^{\circ}\text{C}$) в период всходов. При -10 градусах происходит полная гибель посевов. Понижение температуры до $+2^{\circ}\text{C}$ во время цветения происходит отмирание генеративных органов и снижение урожайности.

Высокие температуры действуют на овёс также негативно. При температуре около $+40^{\circ}\text{C}$ и отсутствии влаги в течение 4-5 часов нормальная работа устьиц листьев овса прерывается (Митрофанов А.С. [и др.], 2019). Жара в период цветения становится главной проблемой опыления овса –

происходит быстрая потеря жизнеспособности пыльцы и пересыхание рыльца пестика. В конечном итоге, формируется метёлка без зерна (Radzka E., 2014).

Дикие формы овса, как и другие представители рода Poaceae, способны расти и успешно конкурировать с другими однолетними и многолетними травами в условиях дефицита питания. Поэтому первые сорта овса также были способны формировать урожай на естественных и низких агрофонах. Они сформировали группу сортов экстенсивного типа (Юсова О.А., Николаев П.Н., [и др.], 2020). С развитием агрохимии необходимость таких сортов практически исчезла, а на смену им пришли новые, которые раскрывали свой потенциал только на высоких агрофонах. При отсутствии удобрений сорта интенсивного типа резко сокращали продуктивность и уступали по урожайности экстенсивным сортам (Сапега В.А., 2016). Н.В. Пигарева, проводя исследования в условиях вечной мерзлоты Забайкалья, пришла к выводу, что сорта овса и ячменя интенсивного типа при отсутствии удобрений снижают свою продуктивность более чем в 3 раза, тогда как экстенсивные сорта – не более чем в 2 раза (Пигарева Н.Н., 2007). Закономерное снижение урожайности сортов интенсивного типа при отсутствии удобрений при благоприятных условиях произрастания отмечала Г.Е. Мерзлая со своими коллегами (2022). При оценке новых сортов овса интенсивного типа в условиях Среднего Поволжья В.Г. Захаров и О.Г. Мишенькина (2020) установили существенную реакцию сортов на уровень минерального питания в контрастные по погодным условиям годы.

1.2 Потребность овса в минеральных удобрениях и эффективность применения удобрений

Минеральные удобрения по праву можно считать мощным инструментом повышения урожайности сельскохозяйственных культур. По многочисленным исследованиям учёных, ни одна технологическая операция или сорт не могут обеспечить быстрой прибавки при минимальных энергетических затратах, как

минеральные удобрений (Karwaska A., Walowski G., 2021; Чибис В.В., Ефименко Д.В., Кужелев И.С., 2022). К аналогичному выводу пришла Г.В. Ермолаева (2023). Как отмечают А.А. Завалин, Е.Н. Пасынкова, А.В. Пасынков (2011) урожайность овса на 33% зависит от уровня минерального питания и 55% - от погодных условий во время вегетации. А.А. Гаркуша со своими коллегами в ходе многолетних полевых исследований с 1968 по 2019 гг. установили, что роль минеральных удобрений в формировании урожая овса значительно выше. По их расчетам она составила 61%, тогда как доля погодных условий не превышала 18% (Гаркуша А.А., Усенко В.И. [и др.], 2020).

Овёс реагирует особенно резко на внесение азотных удобрений в первой половине своего развития (Чуб М.П., Пронько В.В. [и др.], 2016). Азотные удобрения повышают урожайность и положительно влияют на накопление в зерне белка (Федулова А.Д., 2020).

Потребность в фосфоре проявляется на первых этапах роста перед созданием вторичной корневой системы; на последующих этапах развития фосфор усваивается более равномерно. Между тем потребность в калии одинакова во все периоды роста. В период от выхода трубки до созревания необходима наибольшая интенсивность поступления питательных веществ. Для выращивания 1 тонны зерна овса расходуется 28 кг азота, 13 кг фосфора и 28 кг калия (Старостин М.Н., Ушаков Г.И., 2004).

Наибольший эффект в повышении урожая зерна достигается при дробном внесении удобрений, когда их врезание перед посевом культуры сочетается с подкормками в период вегетации (Кузнецов Д.А., Ибрагимова Г.Н., Калинина А.Д., 2015). А.В. Пасынков и Е.Н. Пасынкова (2011) отмечают, что дробное внесение удобрений не только увеличивает урожайность, но и оказывает влияние на качество зерна.

В условиях Западной Сибири овёс является одной из основных зернофуражных и кормовых культур. По результатам исследования

установлено, что современные сорта овса интенсивного типа характеризуются разным отношением к уровню минерального питания (Фомина М.Н., Брагин Н.А., Белоусов С.А., 2021). Как отмечали Е.С. Бородина и П.С. Семешкина (2022), вегетационный период овса становится на 5-11 суток длиннее, что в умеренных широтах может ухудшить качественный процесс уборки зерна. В диссертационной работе М.Ю. Стеничкина (2020) заявила, что в условиях Нечерноземной зоны России внесение удобрений в дозе $N_{135}P_{135}K_{75}$ привело к затягиванию вегетации овса на 13 суток. Вместе с тем она отмечает, что удлинение вегетации происходит за счёт налива зерна и его созревания.

С повышением уровня минерального питания происходит не только увеличение урожайности, но и некоторых морфобиологических признаков. Наиболее сильно под действием удобрений меняется высота растений. Проведя сравнительный анализ высоты растений на вариантах с различными дозами минеральных удобрений А.В. Савачаев, В.Г. Васин, О.А. Захарова (2023) пришли к выводу, что при внесении $N_{30}P_{30}K_{30}$ разница с контролем составляет 39-51%. Это указывает на необходимость использования новых сортов овса интенсивного типа с генами короткостебельности. Столь существенное увеличение высоты и размера метёлки на высоких агрофонах становится причиной полегания посевов овса. М.В. Кузенко, В.И. Кузенко (2020), проводя детальный анализ строения соломины, установили, что полегание происходит из-за большой длины междоузлий. Этот факт не только подтвердили, но и дали детальное обоснование А.И. Мыхлык, С.В. Лазаревич (2015, 2018), отмечая то, что при внесении $N_{60}P_{60}K_{60}$ и $N_{120}P_{120}K_{120}$ происходит накопление в овсе гиббереллинов, приводящее к мощному удлинению междоузлий. Также они отмечают, что использование ретордантов для остановки роста междоузлий на удобренных полях не имеет существенного влияния.

В длительном полевом опыте А.Х. Куликовой и ее коллег (2023) было установлено, что последствие мелиоранта и применение сложных

минеральных удобрений способствовали получению высокой урожайности овса сорта Кречет в 2013-2014 гг. Авторами была доказана достоверная отзывчивость зерновых культур на применение минеральных удобрений и мелиорантов.

Агрохимические показатели почвы при выращивании овса. После проведения системного анализа О.С. Чернов (2023) показал нерациональность использования общепринятых нормативных показателей для расчёта доз минеральных удобрений на планируемую урожайность различных сортов овса. Им была доказана необходимость сортовой системы удобрений в адаптивно-ландшафтном земледелии.

При выращивании зерновых культур С.Х. Дзанагов, Т.К. Лазаров (2023) выявили положительное влияние минеральных удобрений на питательный режим чернозёма южного. Удобрение существенно увеличивало содержание подвижного азота и фосфора в почве, но не влияло на содержание доступного калия. На протяжении вегетации растения использовали питательные вещества из почвы – более всего азота и фосфора. Расходы калия за вегетацию были наименьшими и составляли 4-7% в зависимости от дозы удобрения. Наивысшее содержание минерального азота и подвижного фосфора в почве было при внесении удобрений в дозе $N_{90}P_{60}$, эта доза обеспечивала и наибольший прирост урожая зерна овса.

Как отмечают П.А. Постников и В.В. Попова (2021) совместное внесение сидерата и низких доз минеральных удобрений ($N_{24}P_{24}K_{24}$) не оказывает существенного влияния на хозяйственный вынос питательных веществ овсом, значения которого соответствуют нормативным показателям. Однако, исследования О.В. Мурзовой (2022) показали, что удельный вынос питательных веществ 1 тонной зерна на естественном агрофоне, где не применяли минеральные удобрения, составил: азота – 17 кг, фосфора 10 и калия 26 кг. На варианте $N_{120}P_{70}K_{120}$ удельный вынос азота увеличился до 26 кг/т зерна, что на 53% выше значений контроля. Нормативные показатели по

фосфору и калию не изменились. Выявленная особенность имеет и косвенное подтверждение – содержание протеина в зерне овса, полученного на высоком агрофоне, значительно превосходит контроль без удобрений (Ториков В.Е., Макаров А.В., 2019). После трёхлетних полевых исследований С.Н. Никитин, Г.В. Сайдяшева, С.А. Захаров (2019) установили, что при внесении низких доз удобрений ($N_{15}P_{15}K_{15}$) содержание элементов минерального питания в зерне и соломе овса не отличаются от контроля, тем самым подтвердили, что на низких агрофонах удельный вынос не меняется. Белорусские учёные, под руководством Т.М. Серой, изучая эффективность традиционной и органической системы земледелия, установили, незначительное повышение удельного выноса азота и калия при внесении $N_{90}P_{30}K_{50}$ – он составил 18 и 35 кг/т зерна соответственно (Серая Т.М., Богатырева Е.Н., Белявская Ю.А. [и др.], 2014).

Еще в 2012 году доктор сельскохозяйственных наук В.В. Конончук со своей ученицей М.С. Гончаренко опубликовали статью «К вопросу о расчёте доз удобрений на планируемый урожай зерновых культур в Центральном Нечерноземье», где отмечалось, что за последние сто лет произошло заметное изменение значений удельного выноса питательных веществ не только овса, но и других зерновых культур. Причиной этого, как они отмечают, является появление новых сортов, обладающих более высокой степенью усвоения питательных веществ и формирования зерна с высоким содержанием протеина. По их мнению, удельный вынос азота овса при отсутствии удобрений составляет 20 кг, а при внесении удобрений – уже 30 кг/т зерна. Также было установлено достоверное повышение удельного выноса калия – от 70 до 90 кг/т. (Конончук В.В., Гончаренко М.С. 2012).

В процессе своего развития растения по-разному используют запасы питательных веществ из почвы и удобрений. Овёс не является исключением, но отличается более высокими коэффициентами поглощения, особенно фосфора. Установлено, из всех абиотических факторов только дефицит

почвенной влаги оказывает серьёзное негативное влияние на поглощение питательных веществ. А.Г. Власов, С.П. Халецкий и Т.М. Булавина (2023) установили, что при достаточной влагообеспеченности почвы овёс использует 50-60% внесённого азота, а в условиях засухи только 30-40%.

По поводу влияния минеральных удобрений на коэффициенты использования питательных веществ из почвы и удобрений до настоящего времени единого мнения нет. В ходе многолетних исследований коллективом ученых под руководством Г.Н. Фадькина (2020) было установлено, что на серых лесных почвах минеральные удобрения повышают степень использования почвенных запасов питательных веществ, но, вместе с тем, снижают коэффициент использования из удобрений (КИУ). После трёхлетнего изучения влияния минеральных удобрений на рост и развитие овса на лугово-чернозёмных почвах Омской области Э.С. Проберж и Ю.А. Дженис (2008) установили, что коэффициент использования элементов питания из почвы составляет: азот 42%; фосфор 7,2%, а удобрений – 23 и 21% соответственно. Изменений нормативных агрохимических показателей при различных дозах минеральных удобрений выявлено не было, что, по нашему мнению, обусловлено низкими дозами. К аналогичному выводу пришла А.В. Козлова (2015), которая установила, что КИУ овса при повышении уровня минерального питания достоверно снижаются. Данные полученные Е.М. Милутиной (2021) в опытах с удобрениями на дерново-подзолистой почве показали противоположный результат – коэффициент использования элементов питания из почвы уменьшался, а из удобрений – возрастал.

Причиной столь разных выводов по влиянию агрофона на эффективность поглощения питательных веществ из удобрений и почвы, по всей видимости, связана с типом почв, обладающими различной поглотительной способностью и увлажнением. Помимо этого, крайне важно понимание развитие в пространственном отношении корневой системы растений. Так, в условиях вегетационных опытов В.В. Кидина, К.Ю. Бельдяева (2015) определили

коэффициенты использования фосфора и калия из различных горизонтов дерново-подзолистых почв и вынос этих элементов с биомассой овса и ячменя. На основании этих данных авторы установили, что доступность фосфора и калия из подпахотных горизонтов по сравнению с пахотным имеет свои особенности, которые необходимо учитывать при разработке приёмов рационального использования удобрений.

Формирование урожайности и качества зерна овса в зависимости от уровня минерального питания. Одним из реальных факторов увеличения урожайности культуры является повышение эффективности использования минеральных удобрений, которые также значительно улучшают качество зерна. Принято считать овёс культурой, не требовательной к качеству почвы и агротехническим приемам возделывания. Однако современные сорта интенсивного типа очень хорошо отзываются на использование минеральных удобрений (Новикова С.С., Жаркова С.В., Усенко В.И., 2023). По отзывчивости к уровню минерального питания овёс отличается от пшеницы и ячменя. Он также, как и эти культуры, способен увеличивать урожайность до 8,0 т зерна и 20 т зелёной массы с одного гектара.

В.Е. Торилов, А.В. Макаров (2019) в проведенных опытах рассматривали действие различных видов азотно-фосфорно-калийных удобрений в дозах $N_{10}P_{26}K_{26}$, $N_{15}P_{15}K_{15}$, $N_{13}P_{19}K_{19}$ на формирование биологической урожайности, структуры урожая, биохимический и минеральный состав зерна овса сорта Яков. В ходе исследований установили, что при увеличении нормы внесения всех изучаемых азотно-фосфорных удобрений повышалась масса 1000 зёрен. Анализируя полученные данные по накоплению отдельных микроэлементов, выявили, что содержание кобальта в зерне не различалось в зависимости от изучаемых видов удобрений. Наибольший вынос с урожаем зерна овса был отмечен таких элементов как медь и цинк. При повышении норм удобрений содержание их повышалось (Поливанова О.Б. [и др.], 2022).

В четырех ротациях 7- и 8-польных севооборотов В.В. Окорковым, О.А. Феновой, Л.А. Окорковой (2020) было изучено влияние удобрений на урожайность овса, химический состав его основной и побочной продукции, вынос основных элементов питания зерном и соломой, коэффициенты использования азота, P_2O_5 и K_2O минеральных и последствий органических удобрений. Изучена решающая роль азота полного минерального удобрения на урожайность этой культуры. При измельчении и запахивании соломы зерновых культур при применении $N_{40}P_{40}K_{40}$ во всех ротациях наблюдали отрицательный баланс азота и положительный K_2O , лишь в 4-й ротации – отрицательный баланс P_2O_5 . При сочетании той же дозы NPK с последствием 40-80 т/га навоза, вносимого в занятом пару, баланс всех элементов питания под овсом был близок к нулевому или был положительным.

Урожайность зерновых культур определяется числом продуктивных стеблей, количеством зерна в колосе (метёлке) и его крупностью. Прибавки урожая овса от применения удобрений формируются за счёт увеличения количества продуктивных стеблей (Шахова О.А., 2018).

С применением азотных удобрений под предпосевную культивацию и подкормку, происходит повышение natyры зерна, массы 1000 зёрен и выравненность зерна. При этом возрастает число продуктивных стеблей, высота растений, длина метелки и её озернённость (Артемьев А.А., 2023). Лабораторная всхожесть семян овса зависит от агроприёмов, оказывающих влияние на изменение массы 1000 семян. С.Л. Елисеев и его коллеги (2016) определили тесную прямую корреляционную связь между технологическими и посевными показателями ($r=0,71$). Тесной линейной корреляционной связи плёнчатости, крупности и выравненности семян с их лабораторной всхожестью не выявлено.

В работе И.Г. Лоскутова и его коллег (2019) показаны результаты многолетних исследований биохимического состава зерна овса посевного. В

них описано, что агроклиматические и ландшафтные условия существенно влияют на стабильность качества овса. Как показали исследования команды учёных под руководством И.Г. Лоскутова, ландшафтные условия не оказывают прямого воздействия на биохимический состав зерна овса, однако они по многим параметрам определяют характер влияния агроклиматических и почвенных факторов на качество основной продукции и его вариабельность. Одинаковая вариабельность температурных условий по-разному отражается на накоплении в зерне жира и золы в различных частях агроландшафта. Качество зерновой продукции может зависеть от природных свойств различных структурных единиц ландшафта (Лоскутов И.Г., Шеленга Т.В., Конарев А.В. [и др.], 2020; Гамзиков, Г.П., 2022).

Минеральные удобрения, общеизвестно, повышают не только урожайность сельскохозяйственных культур, но и влияют на качество получаемой продукции. В прошлом технологические качества зерна овса мало интересовали аграриев, поскольку его использование было преимущественно только на фураж. Для крупяных целей использовали имеющийся в наличии овёс. В современном мире отношение к овсу значительно изменилось. Контроль качества зерна проходят не только продовольственные партии, но и фуражного направления. Наиболее главными показателями качества зерна является протеин, масло, крахмал. Как показывает анализ научных публикаций, среди этих веществ именно протеин в максимальной степени реагирует на изменение уровня минерального питания. Нужно отметить, что повышение дозы удобрений не всегда оказывает положительное влияние на содержание протеина. Так, исследования профессора В.Е. Торикова и его ученика А.В. Макарова (2019), проводимые на серых лесных почвах юго-западной части Центрального региона России, показали, что при внесении диаммофоски до 300 кг в физическом весе не оказывает влияния на содержание протеина, который не превышал 11%. Данный факт они объясняли нехваткой питательных веществ, главным образом азота, поскольку

удобрения расходовались на повышение биологического урожая. К аналогичным выводам пришла группа ученых из Омска под руководством О.А. Юсовой, П.Н. Николаева (2020), которые также отмечали отсутствие эффекта от низких доз удобрений. При внесении под овёс до 120 кг азота Н.Н. Новиков, А.Н. Налиухин, А.А. Соколов (2023) отмечали устойчивое повышение содержания протеина в зерне на 1,7-2,0% относительно контроля. К аналогичным результатам пришли Т.В. Таразанова, Э.Н. Садовская (2011), которые при внесении $N_{120}P_{50}K_{120}$ получили превышение содержания протеина в зерне в 2 раза по сравнению с контролем. Дальнейшее повышение уровня минерального питания ($N_{180}P_{70}K_{180}$) не оказало положительного влияния на технологические показатели качества зерна. К этому же мнению пришли В.Р. Олехов, Н.М. Мудрых (2018), в опытах которых внесение $N_{90}P_{90}K_{90}$ обеспечило повышение сырого протеина в зерне овса с 12,2 до 14,1%; крахмала с 40 до 42%. Влияния удобрений на содержание масла в зерне овса они также не обнаружили.

Высокий уровень агрофона в отдельные годы может привести к ухудшению показателей качества зерна овса. Причиной этого является физиологическая незрелость зерновок, сформировавшихся на вторичных стеблях. Механизм этого достаточно хорошо был изучен на яровой пшенице Д.И. Ерёмным (2002). Поэтому при разработке системы удобрений под овёс необходимо обязательно учитывать почвенно-климатические условия региона.

Исследования, проведенные В.Д. Абашевым и Е.Н. Носковой (2018) по изучению влияния возрастающих доз минеральных удобрений вплоть до $N_{150}P_{150}K_{150}$ кг/га показали, что содержание масла в зерне практически не меняется и не отличается от контроля. Также ими была установлена некоторая зависимость содержания крахмала от дозы удобрений.

В Нижегородской области, после комплексного изучения систем обработки почвы и удобрений А.В. Ивенин и А.П. Саков (2020) установили,

что крупность и натура зерна овса в большей степени зависит от доз удобрений и в меньшей – от обработки почвы.

Хозяйственный вынос и баланс элементов питания при выращивании овса. Овёс способен расти и формировать урожай там, где яровая пшеница или ячмень будут сильно угнетаться (Любимова А.В., Иваненко А.С., 2021). Эта зерновая культура хорошо реагирует на минеральные удобрения, что неоднократно доказывалось наукой и производством (Eremin D.I. [et al.], 2021).

Для максимального эффекта необходима оптимизация минерального питания, поскольку при нарушении баланса между азотом, фосфором и калием в почве, овёс может потерять часть урожая из-за полегания, вспышки болезней, затянутой вегетации или чрезмерного кушения (Колесова М.А. [и др.], 2022). Чтобы избежать этих проблем, но получить высокий урожай необходимо разрабатывать научно-обоснованную систему удобрений. Она должна учитывать почвенно-климатические условия, питательный режим пашни и особенности сортов (Завриев С.К., Игнатов А.Н. 2020; Чернов О.С., 2023).

В основе системы удобрений лежат главные агрохимические показатели растений: хозяйственный и удельный выносы, коэффициенты использования питательных веществ из почвы и удобрений (Балабанова Н.Ф., Воронкова Н.А., Юшкевич Л.В., 2023). В отличие от яровой пшеницы, где относительно подробно изучены эти показатели у современных сортов, по питанию овса в специализированной литературе можно встретить только обобщенные данные по выносу и коэффициентам. Ретроспективный анализ показал, что эти данные были получены более чем полвека назад и не подходят для современных сортов.

Из проведённых исследований А.М. Плотникова, А.В. Созинова, Н.Н. Вафина (2018) наибольший размах значений выноса принадлежит азоту. Этот факт подтверждают в своих исследованиях А.А. Завалин, М.А. Алёшин (2021)

и по другим зерновым культурам. Причиной столь широкого диапазона является то, что помимо набора биомассы в зерновых культурах начинаются качественные изменения химического состава, прежде всего это выражается в повышении содержания клейковины (пшеница) или сырого протеина (ячмень и овёс) (Володина Т.И. [и др.], 2019).

Современная селекция становится узкоспециализированной и на рынке можно встретить новые сорта целевого назначения: зернофуражные, кормовые, для производства крупы, для диетического питания. По проведённым исследованиям М.Н. Фоминой, Н.А. Брагина, С.А. Белоусова (2021), все современные сорта овса существенно отличаются друг от друга не только количеством протеина, но и аминокислотным составом. Поэтому для формирования урожая требуется разное количество минеральных веществ и применение усреднённых (нормированных) показателей приведёт к неполучению планируемой урожайности и несоответствующему качеству зерна. Это подтверждают Н.И. Стрижков с коллегами (2012) в производственных условиях – попытки увеличить дозы удобрений без соответствующего обоснования приводят к полеганию, затягиванию вегетации и другим негативным последствиям.

Поэтому создание и передача в производство новых сортов овса должны сопровождаться разработкой агрохимических нормативов для конкретного сорта и целевого назначения (Белкина Р.И., 2022). Только в этом случае возможно раскрытие генетического потенциала современных сортов и получение максимального экономического эффекта.

1.3 Экономическая и биоэнергетическая эффективность применения минеральных удобрений под сорта овса интенсивного типа

Минеральные удобрения по праву можно считать мощным инструментом повышения урожайности сельскохозяйственных культур. По многочисленным исследованиям учёных, ни одна технологическая операция или сорт, не могут

обеспечить быстрой прибавки урожайности сельскохозяйственных культур при минимальных энергетических затратах (Захарова Д.А. [и др.], 2018; Дудкин И.В. [и др.], 2018; Горяинов И.А. [и др.], 2018; Бобренко И.А. [и др.], 2021; Будько А.С., 2022).

В настоящее время для определения экономической эффективности использования минеральных удобрений используют два подхода. Первый из них – определение окупаемости минеральных удобрений прибавкой урожая; второй – расчёт затрат на выращивание культуры с последующим определением прибыли и рентабельности мероприятия. В публикации О.А. Власовой и её коллег (2024) было представлено сравнение этих методов оценки и установлено, что окупаемость минеральных удобрений прибавкой урожая у овса существенно выше, чем пшеницы, но при расчёте прибыли – пшеница экономически выгодна. Причиной этого является то, что для экономической оценки учитываются особенности ценообразования на товарную продукцию.

Климат Западной Сибири суровый, что сказывается на эффективном плодородии пашни. Глубокое промерзание почв, короткий период вегетации региона обуславливают низкую нитрификационную способность пашни (Дёмина О.Н., Ерёмин Д.И., 2021). Поэтому в Сибири минеральные удобрения крайне востребованы для получения высоких и стабильных урожаев. Особенно это актуально для зерновых культур.

Группой ученых были проведены исследования по выявлению хозяйственно-ценных признаков, физико-биохимических показателей зерна новых сортов овса, в ходе которых выяснили, что при интенсивном и высокоинтенсивном возделывании с соблюдением технологических приемов защиты от болезней, сорняков и вредителей продуктивность сортов овса увеличивалась в отношении базовой технологии. С использованием биохимических методов была обнаружена гетерогенность новых сортов овса (Новиков Н.Н., Налиухин А.Н. [и др.], 2023).

В рамках биологического земледелия очень важно выявление эффективности нехимических препаратов для стимулирования ростовых процессов, устойчивости растений к неблагоприятным биотическим и абиотическим факторам. По проведенным исследованиям О.В. Павлова с коллегами (2021), использование биологических агентов оказывает большое влияние на увеличение урожайности зерновых культур, обеспечив существенную прибавку.

Большинство современных сортов овса имеют высокий генетический потенциал продуктивности. Его реализация в различных агроэкологических условиях во многом зависит от уровня адаптивности сортов. Для оценки взаимодействия «генотип x среда» предложены различные статистические методы, позволяющие выявить сорта, сочетающие стабильность и высокую урожайность зерна в различных средах (Гребенщиков В.Ю., Верхотуров В.В. [и др.], 2019).

Экономическая оценка, в отличие от агротехнологической или биоэнергетической, учитывает конъюнктуру сельскохозяйственного рынка. Постоянно меняющаяся цена на зерно, удобрения, запасные части и горюче-смазочные материалы приводят к тому, что провести ретроспективный анализ экономической эффективности возделывания сельскохозяйственных культур крайне затруднительно (Ерёмина Д.В., Дёмина О.Н., 2021).

По сравнительной оценке, эффективности взаимодействия расчётных доз минеральных удобрений с различными препаратами на посевах зерновых, учёными было проведено много исследований. Для снижения химической нагрузки на окружающую среду, экономии денежных средств, полной реализации потенциальной возможности расчётных норм минеральных удобрений на выщелоченных чернозёмах, в целях получения максимальной урожайности зерновых культур рекомендуется проводить предпосевную обработку семян биоагентами (Налиухин А.Н., Ерегин А.В. [и др.], 2023).

В некоторых хозяйствах до сих пор применяются весьма простые приёмы технологии возделывания зерновых культур, то есть посеял и после созревания произвел уборку. Вопрос о взаимном влиянии основных элементов технологии (внесение минеральных удобрений, современные методы агротехники) изучен недостаточно. В связи с этим возникает необходимость проведения разносторонних исследований в этом направлении. От внесения удобрений и использования современных методов агротехники, получение прибавки урожайности зерна составляет от 0,25 до 0,85% по сравнению с вариантом без удобрений (Ибиев Г.З., Скачкова С.А., Савоськина О.А. [и др.], 2021).

По приведённым исследованиям А.А. Артемьева (2023), применение удобрений повышает рентабельность производства овса. Наибольший эффект получен при внесении 60 кг д.в./га азота. При дальнейшем повышении дозы внесения азота происходит снижение эффективности производства и увеличивает затраты на возделывание культуры.

В настоящее время большое внимание уделяется вопросам оценки экономической эффективности внедрения новых технологий. С целью изучения реальных тенденций в развитии АПК необходимо использовать современные методики для расчёта экономической эффективности результатов внедрения достижений науки и передовой практики с максимальным учётом региональных особенностей производства (Ибиев Г.З. [и др.], 2021; Бобкова Ю.А. [и др.], 2023; Иванова Н.Ю. [и др.], 2023).

В целом перспективная ресурсосберегающая технология возделывания овса является наиболее эффективной. На её базе с учётом агроэкологических требований и реальных хозяйственных условий можно подбирать мало затратные технологические и технические средства, конструировать адаптированные технологические комплексы для эффективного возделывания овса в различных природных зонах, микрорайонах и типах агроландшафтов.

Таким образом, анализ литературных источников показал, что овёс является отзывчивой на минеральные удобрения культурой. Вместе с тем крайне плохо изучено влияние высоких доз удобрений на технологические и посевные показатели качества зерна. Практически полностью отсутствует информация по эффективности поглощения питательных веществ современными сортами овса в условиях лесостепи Зауралья. Поэтому, выявленные проблемные моменты выращивания овса на разных агрофонах стали объектом нашего изучения.

ГЛАВА 2 УСЛОВИЯ, МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1 Почвенно-климатические условия лесостепной зоны Зауралья и место проведения исследования

Почвенно-климатические условия Западной Сибири считают довольно сложными для ведения сельского хозяйства (Каюгина С.М., Ерёмин Д.И., 2022). Там распространены подзолистые и серые лесные почвы, которые характеризуются повышенной кислотностью, низкими запасами гумуса и питательных веществ. Чернозёмные почвы по исследованиям Н.В. Абрамова, С.А. Семизорова, А.М. Оксукбаевой (2022) имеют неустойчивый питательный режим, что приводит к необходимости разработки зональной системы удобрений под зерновые культуры.

Климат Западной Сибири суровый, что сказывается на эффективном плодородии пашни. Глубокое промерзание почв, короткий период вегетации региона обуславливают низкую нитрификационную способность пашни (Дёмина О.Н., Ерёмин Д.И., 2021). Поэтому в Сибири минеральные удобрения крайне востребованы для получения высоких и стабильных урожаев. Особенно это актуально для зерновых культур.

Исследования проводили в лесостепной зоне Зауралья, которая является основной территорией Западной Сибири, пригодной для сельского хозяйства. Данная территория имеет ряд особенностей почвообразования, связанных с географической уникальностью характерных для неё почв (Каюгина С.М., 2023).

Полевые опыты закладывали на стационаре кафедры почвоведения и агрохимии Государственного аграрного университета Северного Зауралья, в 12 км от г. Тюмени. Стационар расположен вблизи д. Утешево в Тюменском районе на юге Тюменской области. Структура почвенного покрова Тюменского района представлена преимущественно чернозёмом

выщелоченным, серыми и тёмно-серыми лесным почвами. По описанию Л.Н. Каретина (1990) Тюмень и прилегающие к ней территории хорошо дренированы, что обусловило формирование автоморфных почв.

Стационар был заложен в 1995 г. под руководством Г.Д. Притчиной и Н.В. Абрамова. С 1995 г. по настоящее время используется один севооборот: однолетние травы-яровая пшеница-овёс. Под зерновыми культурами за счёт внесения минеральных удобрений формировали разные уровни минерального питания.

Почва опытного участка – чернозём выщелоченный тяжелосуглинистый, сформировавшийся на карбонатном покровном суглинке с высоким содержанием физической глины (40-70%), присутствием мелкого песка и крупной пыли (20-50%) (Абрамов Н.В., Ерёмкина Д.В., Ерёмин Д.И., 2010). По морфологическим признакам, агрофизическим, агрохимическим и физико-химическим свойствам соответствует чернозёмным почвам Западной Сибири (Ерёмкина Д.В., Ерёмин Д.И., 2019; Кураченко Н.Л., Демьяненко Т.Н., Колесни А.А., 2021) (таблица 1).

Таблица 1 – Агрохимическая характеристика почвы стационара кафедры почвоведения и агрохимии ГАУ Северного Зауралья ($X_{cp} \pm SE$), 2018 г.

Слой почвы, см	Содержание, %			S	H _г	V, % от ЕКО
	S _{орг.}	N _{общ.}	P ₂ O ₅	ммоль-экв./ 100 г почвы		
0-10	5,25±0,11	0,44±0,06	0,18±0,05	34,0±0,12	3,5±0,1	91
10-20	5,22±0,10	0,45±0,05	0,18±0,05	31,9±0,10	3,5±0,1	90
20-30	4,44±0,08	0,43±0,06	0,16±0,03	31,4±0,10	3,8±0,2	89
30-40	2,56±0,07	0,21±0,02	0,11±0,03	26,3±0,08	2,4±0,2	92
40-50	1,16±0,02	0,18±0,02	0,10±0,01	22,2±0,10	2,5±0,2	90

S – сумма обменных оснований; H_г – гидролитическая кислотность; V – степень насыщенности основаниями; SE – стандартная ошибка.

Почва стационарного участка имеет следующее строение:

A_{пах} – 0-20 см. Окраска в свежем состоянии чёрная, при высыхании становится тёмно-серой. Горизонт уплотнён, тяжелосуглинистый и ясно выраженной глыбисто-комковатой структурой. Встречается много корней,

растительных остатков в виде фрагментов соломы, копролиты. На гранях почвенных отдельностей встречаются песчинки. Переход в следующий горизонт резкий по плужной подошве.

A – 21-28 см. Чёрный, плотный, свежий, тяжелосуглинистый, зернисто-ореховато-комковатой структуры. Переход в следующий горизонт постепенный.

AB₁ – 29-36 см. Тёмно-серый с буроватым оттенком, менее плотный горизонта A, увлажнён, тяжелосуглинистый. Структура комковато-ореховатая. Пронизан корнями, на поверхности структурных агрегатов просматриваются отдельные песчинки. Переход неровный, языковатый.

B₂ – 37-90/115 см. Светло-бурой окраски, верхняя часть горизонта плотная, нижняя – уплотнена. Свежий, среднесуглинистый. Структура ореховатая. Встречаются корни и отпечатки корней, в верхней половине горизонта встречается галька в диаметре до 10 мм, также крупные песчинки. Переход по структуре и плотности постепенный. Карбонаты отсутствуют.

B_{Ca} – 91-116/185 см. Неоднородной окраски: светло-бурые языки, идущие из верхнего горизонта, чередуются с жёлто-палевыми и палево-серыми языками, поднимающимися из нижнего горизонта. Он тонкопористый, слегка уплотнён, свежий, структура не выражена, среднесуглинистый. Встречаются корни, редкая галька. Вскипает от HCl, линия вскипания неровная, языковатая. Карбонаты вверху в виде журавчиков и псевдомицелия, книзу – трубочки и псевдомицелий. Переход ясный.

Характер вертикального распределения органического углерода резко убывающий, что характерно для чернозёмов Тюменской области. Содержание органического углерода в пахотном горизонте 4,44-5,25%. Глубже 30 см его содержание резко убывает до 2,56% (Demin E.A., Eremina D.V., 2022).

Запасы гумуса в метровом слое равны 440 т/га. По содержанию основных питательных веществ стационар кафедры почвоведения и агрохимии

характеризовался неустойчивым азотным режимом. Среднее содержание нитратов в слое 0-40 см в период весенних полевых работ составляло 6-8 мг/кг, что соответствовало низкой обеспеченности для зерновых культур.

Содержание доступных для растений фосфатов в целом по стационару варьировало от 70 до 100 мг/кг почвы (средняя обеспеченность). Фосфор находился преимущественно в виде дифосфата кальция.

Калийный режим опытного поля ГАУ Северного Зауралья соответствовал высокому уровню обеспеченности сельскохозяйственных культур, что характерно для юга Тюменской области (Demin E.A., Varabanshchikova L.N., 2021). Содержание калия в пахотных почвах лесостепной зоны Зауралья составляет более 180 мг/кг.

Участок характеризовался следующими физико-химическими свойствами: обменная кислотность – 5,5 ед., гидролитическая кислотность – 2,6 ммоль-экв./100 г почвы, ёмкость катионного обмена – 40-42 ммоль-экв./100 г почвы при степени насыщенности катионами щелочноземельных металлов 92-95% от ёмкости поглощения.

Формирование температурного режима почвенного покрова лесостепной зоны Зауралья напрямую зависит от погодных условий. Оттаивание почвы в весенний период происходит от поверхности вглубь, что делает очень медленным процесс прогревания корнеобитаемой зоны, в сравнении с европейскими чернозёмами.

Продолжительность активных температур составляет до 4 месяцев, от середины мая до второй декады октября. При этом прогревание почвы доходит до глубины 200 см. Период отрицательных почвенных температур отмечается около 5 месяцев, начало с середины ноября по вторую декаду апреля. Глубина промерзания почвы в среднем достигает 150 см.

Плодородие чернозёма выщелоченного, на котором расположен стационар кафедры почвоведения и агрохимии ГАУ Северного Зауралья, не

имеет существенных отличий от чернозёмов лесостепной зоны Зауралья. Морфогенетические признаки и основные свойства типичны для всей зоны.

2.2 Погодные условия в годы проведения исследований

Тюменская область расположена на территории Западно-Сибирской равнины и занимает её значительную часть. Область отличается суровыми природно-климатическими условиями, большинство территории отнесено к районам Крайнего Севера или приравнено к ним. По природно-климатическим условиям территория южной части Тюменской области разделена на четыре агроклиматические зоны: тайга, подтайга, северная и южная лесостепь. Главная особенность климата в этой зоне – морозная и снежная зима. Лето короткое, но очень тёплое, что является благоприятным фактором для развития сельскохозяйственных культур.

Погодные условия вегетационного периода 2020 г. Анализ метеорологических условий показал, что 2020 г. характеризовался как умеренно жаркий с небольшим недобором осадков. Дожди проходили в каждой критической фазе развития зерновых культур. Во второй декаде мая выпали значительные осадки. Это обеспечило оптимальное увлажнение пахотного горизонта и способствовало быстрому появлению всходов овса. В период кущения установилась тёплая погода с превышением среднемноголетних значений на 1-2°C, что при незначительном недоборе осадков привело к ухудшению влагообеспеченности посевов. В период кущение-выход в трубку запасы продуктивной влаги в слое 0-50 см характеризовались как хорошие. Вымётывание проходило при повышенной температуре воздуха и незначительных осадках, что положительно сказалось на завязываемости зерна. Во второй половине вегетации температура воздуха превышала среднемноголетние значения, созревание проходило при незначительных осадках и повышенной температуре, что при своевременно выпадающих осадках обеспечило формирование высоких урожаев на разных

агрофонах. Количество осадков с мая по август составило 189 мм, что составляет 78% от нормы.

Погодные условия вегетационного периода 2021 г. Начало вегетационного периода в Тюмени наступило аномально рано, посевные работы начались с отсутствия осадков и дефицита почвенной влаги в пахотном слое. Всходы зерновых культур появились значительно позже. Были неравномерны. Прорастание семян проходило при жаркой погоде (20°C), что привело к быстрому иссушению до глубины 10-15 см. В первой половине вегетации метеостанции юга Тюменской области зафиксировали почвенную и атмосферную засуху. Это негативно отразилось на формировании урожая на всех вариантах. Минеральные удобрения, которые вносили под предпосевную культивацию, не растворились, оставаясь в гранулах до выхода в трубку овса. В период кущения-выхода в трубку выпало 33 мм при норме 45 мм, но наступившая жара быстро испарила влагу и она не успела проникнуть в корнеобитаемую зону. Налив зерна и его созревание также проходили при высоких температурах и дефиците осадков, что негативно отразилось на качестве зерна овса. Урожайность зерновых культур на опытном поле и в передовых хозяйствах была на 45-60% ниже среднеголетних значений.

Из-за поздних всходов и понижения температуры в сентябре, часть зерновых культур дозревала в октябре. В ночные и утренние часы температура воздуха в октябре опускалась до -8,3°C (11 октября), также были дни с положительными температурами, которые достигали +6,5°C (16 октября). В дневные часы воздух прогревался до 16,2°C градусов и только 30 и 31 октября температура воздуха стала отрицательной. Дожди начались в III декаде.

Таким образом, вегетационный период 2021 г. можно охарактеризовать как жаркий и острозасушливый, с проявлением атмосферной и почвенной засухи с апреля по сентябрь.

Погодные условия вегетационного периода 2022 г. Начало весенних работ в 2022 г. началось в условиях дефицита почвенной влаги, поскольку в

предыдущем году почва опытного поля ушла под снег с минимальным запасом воды, соответствующей влажности устойчивого завядания.

Весна 2022 г. началась с резкого потепления и отсутствия дождей, что с учётом погодных условий прошлого года прогнозировало острейший дефицит влаги и минимальный урожай. Начавшиеся проливные дожди во II декаде мая, 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. Во время вымётывания установилась тёплая погода (16,2-21,0°C) с периодически выпадающими осадками. 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. В совокупности таких погодных условий и наличия питательных веществ в почве, в 2022 г. сформировался очень высокий урожай (таблица 2).

Таблица 2 – Погодные условия вегетационного периода в годы исследований относительно фенологических фаз овса

Периоды развития овса	2020 г.		2021 г.		2022 г.		Среднемноголетние значения	
	t, °C	O, мм	t, °C	O, мм	t, °C	O, мм	t, °C	O, мм
Посев-всходы	19,4	12	20,2	1	13,2	20	12,0	15
Всходы-кущение	17,1	27	19,8	14	16,4	43	15,9	31
Кущение-выход в трубку	20,7	47	20,7	33	16,2	25	17,9	45
Выход в трубку-вымётывание	17,2	12	25,8	26	21,0	56	18,7	64
Вымётывание-молочная спелость	19,2	38	21,1	13	17,8	54	16,8	37
Молочная спелость-полная спелость	20,0	16	19,5	7	18,7	2	14,7	17
t – средняя температура воздуха, °C; O – осадки, мм.								

Погодные условия в годы проведения исследований характеризовались следующим образом: 2020 г. – тёплый, умеренно засушливый; благоприятный для роста и развития зерновых культур; 2021 г. – жаркий, сухой; в течении

вегетации проявлялась почвенная и атмосферная засуха; неблагоприятный для всех сельскохозяйственных культур; 2022 г. – прохладный, первая половина вегетации влажная, вторая умеренно сухая; благоприятный для зерновых культур (приложение А-Б).

2.3 Методика исследований

Исследования предусматривали проведение опыта, в котором изучалось действие возрастающих доз минеральных удобрений на сорта овса Тюменской селекции.

Схема опыта предусматривала формирование уровня минерального питания за счёт соответствующих доз удобрений, рассчитанных методом элементного баланса:

1. Естественный агрофон (контроль), без внесения минеральных удобрений под овёс и предшествующую культуру (яровая пшеница);
2. Низкий агрофон, рассчитан на получение 3,0 т/га зерна ($N_{60}P_{20}$);
3. Средний агрофон, рассчитан на получение 4,0 т/га зерна ($N_{90}P_{40}$);
4. Высокий агрофон, на получение 5,0 т/га зерна ($N_{150}P_{60}$);
5. Очень высокий агрофон, на получение 6,0 т/га зерна ($N_{200}P_{80}$).

За период с 1995 по 2022 гг. минеральные удобрения на контроле ни разу не вносили. На остальных вариантах использовали аммиачную селитру и диаммофос (азота 12%; фосфора 52%). Расчёт доз удобрений проводили с использованием общепринятых для лесостепной зоны коэффициентов использования питательных веществ из почвы и удобрений; биологический вынос был взят как средняя величина, указанная в рекомендациях по выращиванию овса. При расчёте доз учитывали содержание питательных веществ в почве и текущую нитрификацию – 60 кг/га. Калийные удобрения не вносили, поскольку обеспеченность данным элементом питания на стационаре была очень высокой.

В опыте использовали три сорта овса интенсивного типа: Талисман, Отрада и Фома.

Овёс Талисман. Был создан методом индивидуального отбора из гибридной популяции, полученной от скрещивания сортов Flamingsnova (К-13401) x Метис. Авторы сорта: Фомина М.Н., Незамутдинова Р.Г., Петров Г.Л., Ушаков Г.И.

Включён в Госреестр в 2002 г. по Западно-Сибирскому (10), Восточно-Сибирскому (11) и Дальневосточному (12) регионам. Рекомендован для возделывания в Тюменской и Амурской областях, в Красноярском и Приморском краях.

Разновидность мутика. Куст промежуточный. Растение среднерослое. Метёлка полусжатая, двухсторонняя, расположение ветвей полуприподнятое. Талисман – среднеспелый сорт (вегетационный период 76-89 сут.), среднерослый (74-93 см), устойчив к полеганию (4,5-5,0 балл). Отличается высокой устойчивостью к осыпанию зерна (4,0-4,6 балл). Сорт восприимчив к пыльной головне и корончатой ржавчине, среднеустойчив к гельминтоспориозу. Сорт формирует зерно средней крупности, масса 1000 зёрен составляет 34,1-35,7 г, натура зерна 520-539 г/л, плёнчатость 21,0-24,5%. По качеству зерна Талисман внесён в список ценных сортов. Рекомендуется обязательное протравливание семян. Средняя урожайность в регионах допуска составила 3,1 т/га, выше среднего стандарта.

Овёс Отрада. Родословная: (WW 170079 x Рс 39) x (Mutica 600 x Risto). Авторы: Фомина М.Н., Незамутдинова Р.Г., Петров Г.Л., Стрельникова Е.А.

Включён в Госреестр 2013 г. по Западно-Сибирскому (10) региону. Рекомендован для возделывания в Тюменской области.

Разновидность мутика. Куст полупрямостоячий. Опушение верхнего стеблевого узла сильное, листовые влагалища и края листьев не опушены. Растение среднерослое (77-112 см). Метёлка полу односторонняя, расположение ветвей полу приподнятое. Колоски пониклые. Колосковая

чешуя короткая, со слабым средним восковым налётом. Нижняя цветковая чешуя белая, средней длины, без воскового налёта. Остистость средняя. У первой зерновки опушение основания отсутствует или очень слабое. Зерно от средней крупности до крупного. Масса 1000 зёрен 32-41 г. Среднеспелый, вегетационный период 66-85 сут. Средне – засухоустойчив. Содержание белка 8,9-13,5%. Натура зерна 460-570 г/л. Умеренно устойчив к пыльной головне и корончатой ржавчине.

Средняя урожайность в регионе допуска – 3,0 т/га. В Тюменской области прибавка к стандарту (Мегион) составила 0,3 т/га при средней урожайности 4,4 т/га. Максимальная урожайность 7,3 т/га получена в 2011 г. в Томской области.

Овёс Фома. Родословная: (WW 170079 x Pс 39) x (Mutica 600 x Risto). Авторы: Фомина М.Н., Незамутдинова Р.Г., Петров Г.Л., Нуржанова Ш.

Включён в Госреестр 2015 г. по Западно-Сибирскому (10) региону. Рекомендован для возделывания в Тюменской области.

Разновидность мутика. Куст прямостоячий. Листовые влагалища, верхний стеблевой узел и края листьев не опушены. Растение среднерослое (50-105 см). Метёлка полу односторонняя, расположение ветвей полуприподнятое. Колоски пониклые. Колосковая чешуя короткая, со средним восковым налётом. Нижняя цветковая чешуя белая, короткая, с восковым налетом средней интенсивности. Остистость отсутствует или очень слабая. У первой зерновки опушение основания отсутствует или очень слабое. Зерно крупное. Масса 1000 зёрен – 34-43 г.

Среднеспелый, вегетационный период – 75-90 сут, средне засухоустойчив. Содержание белка – 8,9-12,8%. Натура зерна – 450-590 г/л. Умеренно устойчив к пыльной головне и корончатой ржавчине; восприимчив к твёрдой головне и красно-бурой пятнистости.

Средняя урожайность в регионе допуска – 3,5 т/га. В Тюменской области прибавка к стандарту (Мегион) составила 0,4 т/га при урожайности 4,6 т/га. Максимальная урожайность (7,7 т/га) получена в 2014 г. в Тюменской области.

Агрохимический анализ почвы и растений проводили в ГАУ Северного Зауралья (Агробиотехнологический центр, кафедра почвоведения и агрохимии) и аналитической лаборатории НИИСХ Северного Зауралья – филиала Федерального исследовательского центра Тюменского научного центра СО РАН (ФИЦ Тюм НЦ СО РАН).

Образцы почвы отбирали в слое 0-40 см в течение вегетации: перед предпосевной культивацией и в основные фазы развития овса (кущение, вымётывание, молочная и полная спелость). Нитратный азот определяли ионометрическим методом (ГОСТ 26951-86); подвижный фосфор и калий – по Чирикову (ГОСТ 26204-91).

В зерне и соломе овса проводили следующие агрохимические исследования: содержание общего азота по Кьельдалю с последующим спектрометрическим определением по реактиву Неслера (ГОСТ 108469-1); общий фосфор и калий – ГОСТ 26657-97; нитраты в зерне – ГОСТ 13496.19-2015.

Биохимические показатели зерна: содержание сырого протеина путём перемножения общего азота на коэффициент 6,25; крахмал – на поляриметре СУ-3 (ГОСТ 10845-98); зола – ГОСТ Р 51411-99; содержание масла – на аппарате Сокслета (ГОСТ 29033-91). Технологические показатели зерна: влажность – ГОСТ 13586.5-93; натура – ГОСТ 10840-64; масса 1000 зёрен – ГОСТ 10842-89; плёнчатость – ГОСТ 10843-76. Лабораторный анализ почвы и растений вели в 6-8-ми кратном повторении.

Энергию прорастания и лабораторную всхожесть определяли согласно ГОСТ Р 52325-2005. Закладку образцов на всхожесть проводили в шестикратной повторности.

Оценку устойчивости к полеганию овса проводили согласно методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур перед уборкой урожая по 9 балльной системе, где 1 – полное полегание посевов; 9 – отсутствие признаков отклонения соломины от перпендикуляра.

Морфологические признаки овса изучали на 10 растениях каждого сорта, в четырехкратном повторении. Были проведены следующие измерения: длина стебля (см); длина (см) и диаметр первого и второго междоузлия (см); длина верхнего междоузлия (на котором формируется метёлка) (см); масса зерна с одной метёлки (г). На основании промеров были рассчитаны индексы устойчивости: индекс JG (Гальченко), который определяется отношением длины соломины к диаметру первого и второго междоузлия:

$$JG = \frac{L_s}{d_{\text{internode}}}; \quad (1)$$

где: JG – индекс Гальченко;

L_s – длина соломины, см;

$d_{\text{internode}}$ – диаметр первого и второго междоузлий соломины, см.

Также рассчитывали отношение длины первого (l_1) и второго междоузлия (l_2) к их диаметру (d_1 и d_2) по следующей формуле (l_1/d_1 и l_2/d_2). Помимо морфометрических показателей был использован и количественный, выражаемый в отношении массы зерна с одной метёлки к длине соломины MJ:

$$MJ = \frac{M_{\text{grains}}}{L_{\text{straw}}} \quad (2)$$

где: MJ – мексиканский индекс;

M_{grains} – масса зерна с одной метёлки, г;

L_{straw} – длина соломины овса, см.

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.

Расчёт балансового коэффициента использования азота проводили как отношение хозяйственного выноса азота к дозе азотных удобрений (Минеев В.Г., Сычев В.Г., Гамзиков Г.П., 2017).

Балансовый коэффициент использования фосфора из удобрений рассчитывали, как отношение хозяйственного выноса фосфора к дозе фосфорных удобрений. Значения балансового коэффициента использования фосфора из удобрений более 100% указывают на использование почвенных запасов фосфора, что приводит к снижению плодородия пашни.

Хозяйственный вынос элементов минерального питания определяли путём умножения биомассы зерна и соломы на соответствующее содержание азота, фосфора и калия в пересчёте на 1 гектар:

$$B_x = B_1 \cdot Y_o, \quad (3)$$

где: B_1 – вынос питательного элемента единицей урожая зерна (основной продукции с соответствующим количеством побочной);

Y – урожайность основной продукции сельскохозяйственной культуры.

Удельный вынос – путём деления хозяйственного выноса на урожайность зерна овса:

$$B_1 = \frac{B_x}{y_o}, \quad (4)$$

где: B_1 – вынос азота, фосфора и калия единицей (1 т) урожая зерна с соответствующим количеством побочной продукции у сельскохозяйственных культур, мг;

B_x – хозяйственный вынос NPK с урожаем, кг/га;

Y_o – урожайность зерна, т/га.

Статистическая обработка данных проведена по Б.А. Доспехову (1985) и с помощью программного продукта Microsoft Excel. Для определения вклада случайных и контролируемых факторов был применен алгоритм расчётов «Надстройка Excel для сельскохозяйственной статистики» (Гончар-Зайкин П.П., Чертов В.Г., 2003). Проводилась стандартная процедура дисперсионного анализа – подсчитывались средние значения признака в каждой из

совокупностей, находилось значение F-критерия и наименьшей существенной разницы.

2.4 Агротехника

Исследования были проведены в полноценно развёрнутом в пространстве и времени трёхпольном севообороте со следующим чередованием культур: однолетние травы (горохо-овсяная смесь на зеленую массу), яровая пшеница, овёс. Чередование культур за годы исследований не менялось.

Система посева, ухода и защиты овса – общепринятая для лесостепной зоны Зауралья. Обработка почвы в исследовании применялась отвальная разноглубинная, почву обрабатывали под зябь, проводили после уборки предшествующей культуры (яровая пшеница) на глубину 20-22 см.

Размещение делянок последовательное, в четырёхкратном повторении. Размеры делянки – 4x8 м², учётная площадь – 16 м². Весной при наступлении физической спелости почвы боронили два раза в 2 следа с интервалом от 5 до 8 сут. Перед посевом производилось внесение удобрений механическим способом сеялкой СЗМ-2,0 согласно рассчитанным нормам. Далее применяли культивацию КПС-4,2 на глубину 8-10 см. После обработки почвы производился посев овса с нормой высева 5,5 млн. всхожих семян на гектар сеялкой СЗМ-2,0. Прикатывание почвы выполняли катком ЗККШ-6.

Посев приходился на I-II декаду мая в зависимости от погодных условий. Применение гербицидов не требовалось только в 2020 г., т.к. засорённость была минимальная, а 2021 и 2022 гг. проводили опрыскивание ОП-Заря 600, химическим препаратом Агритокс в объёме рабочего раствора 200 л/га, при температуре воздуха 18-20°C и скорости ветра не более 7 км/час.

Уборку производили поделяночно комбайном Террион-2010 для исключения смешивания сортов, с пересчетом на 14% влажность.

ГЛАВА 3 ВЛИЯНИЕ УРОВНЯ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ НА ХОЗЯЙСТВЕННО-ЦЕННЫЕ ПРИЗНАКИ ОВСА

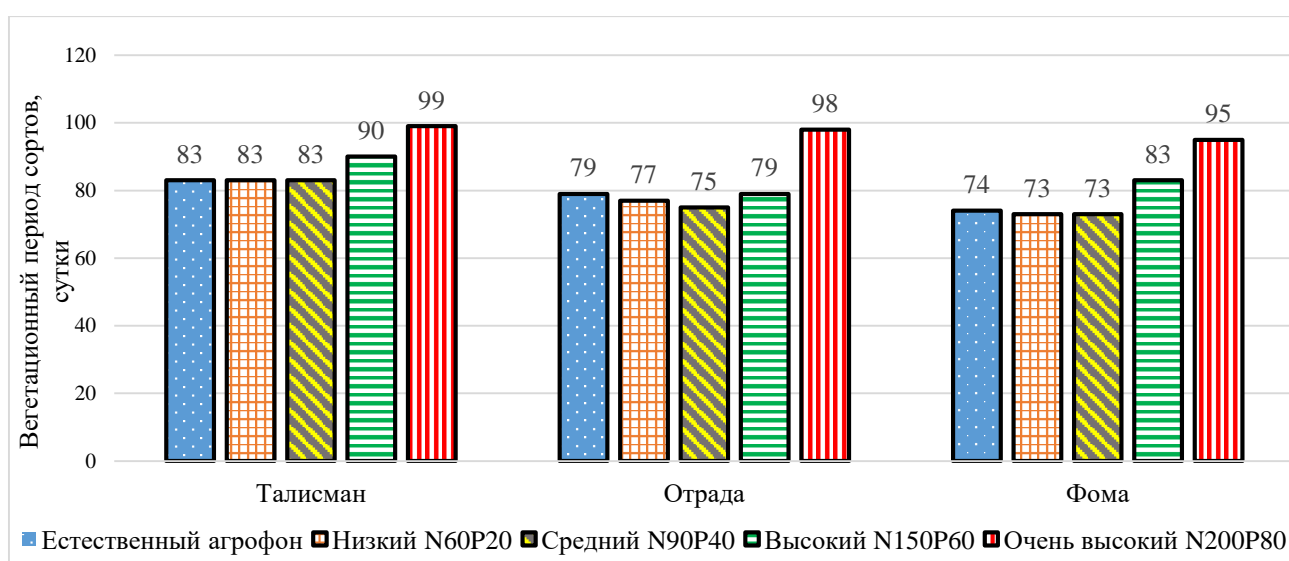
3.1 Продолжительность вегетационного периода

Селекционеры заявляют о создании линейки сортов интенсивного типа, способных формировать урожай до 9,0 т/га в умеренных широтах (Кабашов А.Д., Лоскутов И.Г., Власенко Н.М. [и др.], 2020). Существует достаточно большое количество лимитирующих факторов, начиная от влагообеспеченности и заканчивая затягиванием вегетационного периода до начала наступления заморозков. Поэтому получение максимальных урожаев требует комплексного научно-обоснованного подхода при разработке системы возделывания овса.

В нашем опыте на естественном агрофоне, где минеральные удобрения не вносили, вегетационный период изучаемых сортов имел достоверные отличия. Сорт Талисман характеризовался наибольшей продолжительностью – 83 сут., что на 9 сут. больше, чем у сорта Фома. Для условий Северного Зауралья это является очень важным фактором, определяющим ход уборочных работ. Вегетационный период сорта Отрады не имел достоверных отличий в сравнении с сортом Талисман. Создание среднего и повышенного агрофона, который рассчитан на урожайность 3,0 и 4,0 т/га зерна соответственно, не привело к удлинению вегетационного периода сортов овса Тюменской селекции. Данный факт положительно характеризует эти сорта и делает их перспективными для возделывания в зоне рискованного земледелия, где лимитирующим фактором является продолжительность безморозного периода.

Дальнейшее повышение уровня минерального питания ($N_{150}P_{60}$ и $N_{200}P_{80}$), рассчитанного на получение соответственно 5,0 и 6,0 т/га зерна, достоверно затянуло вегетацию изучаемых сортов овса. Сорт Фома на этих вариантах сформировался и вызрел за 83 и 95 сут. соответственно. Разница между

контролем и вариантом с внесением удобрений в дозе $N_{200}P_{80}$ составила 11 сут., при $НСР_{05}$ равной 3-м суткам. Наиболее интересным является сорт Отрада. На высоком агрофоне ($N_{150}P_{60}$) вегетационный период составил 79 сут., что на 4 сут. короче сорта Фомы, но при дальнейшем повышении уровня питания, обеспечивающего формирование 6,0 т/га зерна, вегетация сорта Отрады затянулась до 98 сут. Данный факт указывает на то, что для сорта Отрады оптимальной планируемой урожайностью в Северном Зауралье будет 5,0 т/га (рисунок 1).



$НСР_{05}$: для фактора А (Сорт) – 4; для фактора В (Агрофон) – 3; взаимодействие АВ – 5.

Рисунок 1 – Влияние агрофона на вегетационный период овса, сут. (2020-2022 гг.)

Сорт Талисман, как показали наши исследования, характеризуется достоверным удлинением вегетационного периода при внесении минеральных удобрений на планируемую урожайность более чем на 4,0 т/га. На таких вариантах его вегетационный период составляет 90-99 сут., что на 7-14 сут. больше контроля.

Удлинение вегетационного периода овса под действием минеральных удобрений во все годы исследований проходило за счёт затягивания второй половины вегетации, когда происходит налив и созревание зерна.

3.2 Высота растений и устойчивость к полеганию

Высота растений зависит от условий года, влагообеспеченности, почвенного питания (Васин В.Г., Савачаев А.В. [и др.], 2021). Устойчивость зерновых культур к полеганию напрямую связана с высотой растений, но определяется не только ею (Чуб М.П., Пронько В.В., Ярошенко Т.М. [и др.], 2016).

Высота растений также определяется генетической наследственностью и реакцией на внешние факторы, к которым относят: освещенность, температуру, влагообеспеченность и минеральное питание. Наши исследования показали, что на контроле, где отсутствуют удобрения, изучаемые сорта существенно отличались друг от друга. Наиболее близкими оказались сорта Талисман и Отрада, их высота была равна $80,4 \pm 8,8$ и $72,8 \pm 5,0$ см соответственно. Однако коэффициент вариации высоты значительно различался: у Талисмана он был равен 11%, у Отрады – 7%. Сорт Фома на естественном агрофоне характеризовался минимальной высотой – 58,6 см с варьированием в диапазоне от 52,9 до 66,0 см ($CV=7,3\%$) (приложение Г-Д).

Создание умеренного уровня минерального питания путём внесения удобрений в дозе $N_{60}P_{20}$ достоверно отразилось только на сорте Талисман, средняя высота которого составила 87,7 см, варьируя в диапазоне 68,9-109,8 см ($CV=17,1\%$). Сорта Отрада и Фома не имели достоверного увеличения высоты на умеренном агрофоне. Дальнейшее повышение уровня минерального питания способствовало увеличению высоты изучаемых сортов, но до определенных значений. Растения сорта Талисман характеризовались максимальной высотой – 92,3-94,4 см. Максимальная высота сорта Фома была в диапазоне 80,7-85,0 см, что характеризует его самым низкорослым среди изучаемых сортов. Сорт Отрада отзывался увеличением высоты на каждом изучаемом уровне минерального питания. При внесении максимальной дозы удобрений ($N_{200}P_{80}$) длина растений достигла 97,5 см, что на 34% выше растений на контроле.

Главными факторами полегания растений являются режим питания, количество осадков и температура воздуха. При повышении уровня питания минеральными удобрениями нарушается баланс в соотношении между массой стебля и массой корня, этот фактор приводит к полеганию зерновых культур (Рзаева В.В., Коноплин М.А., 2008). Влияние внесения минеральных удобрений на высоту растений разных сортов в 2020-2022 гг. показано на рисунке 2.

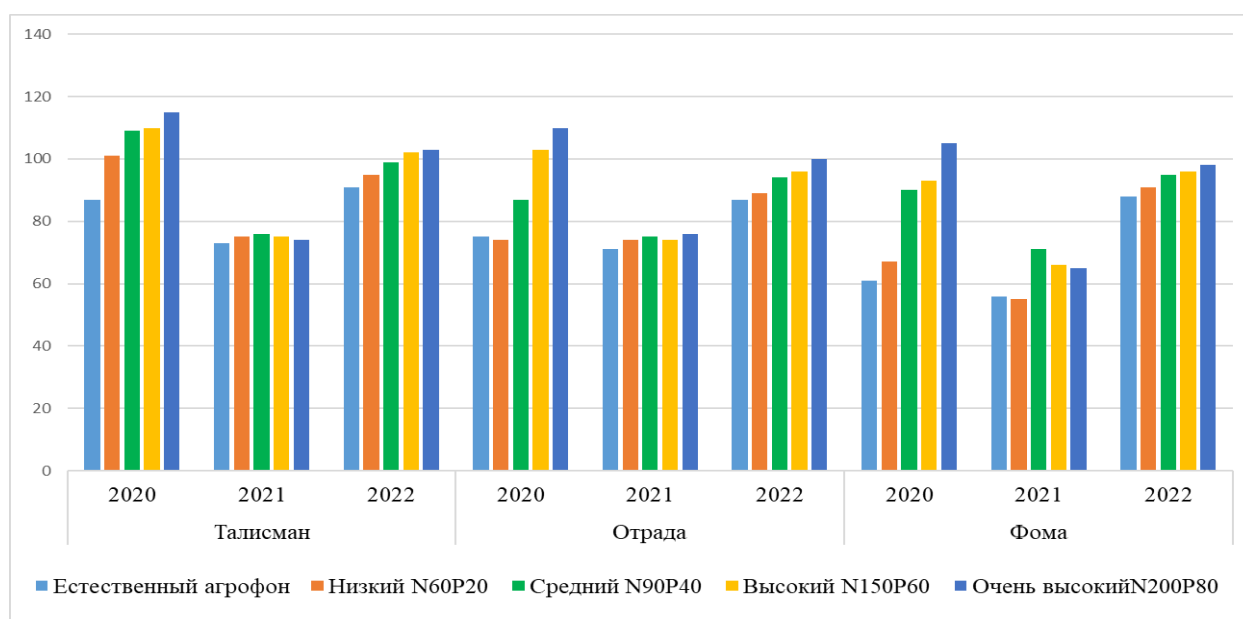


Рисунок 2 – Влияние внесения минеральных удобрений на высоту разных сортов овса, 2020-2022 гг. (см)

Как правило, более устойчивыми к полеганию являются короткостебельные растения зерновых культур. В исследуемые годы высота растений овса варьировала в пределах от 42 до 110 см. В условиях жёсткой засухи (2021 г.) полегания не наблюдалось, средняя высота растений составляла 52 см. Незначительное полегание растений в 2021 и 2022 гг. наблюдалось только среди тех растений, высота которых в среднем достигала 94 см и выше.

Накопление большой наземной биомассы стебля приводит к полеганию посевов. Наши исследования показали, что на естественном агрофоне, когда

минеральные удобрения отсутствуют, изучаемые сорта овса не имели признаков полегания.

Средний балл устойчивости составил 8,8 при максимуме 9,0. Устойчивость к полеганию изменялась в пределах от 8,0 до 9,0 баллов при коэффициенте вариации 5%. Внесение удобрений в дозах $N_{60}P_{20}$ и $N_{90}P_{40}$ кг/га в действующем веществе не оказало серьёзного влияния на полегание изучаемых сортов. Наибольшей устойчивостью характеризовался сорт Фома, значения которого варьировали от 8,0 до 9,0 баллов. Сорта Талисман и Отрада проявили незначительную степень полегания – устойчивость варьировала от 7,0 до 9,0 баллов. Это было не критичным для формирования урожая в условиях Северного Зауралья (таблица 3).

Таблица 3 – Результаты трёхфакторного дисперсионного анализа влияния различных факторов на высоту овса (2020-2022 гг.)

Источники вариации	Сумма квадратов	Степени свободы	Дисперсия	$F_{факт}$	$F_{теор.}$	Показатель силы влияния, %
Фактор А (уровень минерального питания)	19349,6	4	4837,4	261,4	2,4	21
Фактор В (сорт)	13645,6	2	6822,8	368,7	3,0	15
Фактор С (погодные условия)	38127,1	2	38127,1	2060,3	3,9	40
Взаимодействие АВ	3540,8	8	442,6	23,9	2,0	4
Взаимодействие АС	11194,5	4	2798,6	151,2	2,4	12
Взаимодействие ВС	2042,0	2	1021,0	55,2	3,0	2
Взаимодействие АВС	1394,9	8	174,4	9,4	2,0	2

При дальнейшем повышении уровня минерального питания (высокий и очень высокий агрофон) сорта реагировали по-разному. Устойчивость к полеганию сорта Талисман оценивалась в среднем 7,3 баллами с варьированием от 6,0 до 9,0 при коэффициенте вариации 14%. На очень высоком агрофоне ($N_{200}P_{80}$) средний балл устойчивости снизился до 6,0 с варьированием в диапазоне 4,0-8,0 баллов. Коэффициент пространственной вариации устойчивости был максимальным и составил 25%. Данный факт указывает, что выращивание овса сорта Талисман на высоких агрофонах, с

планируемой урожайностью более 5,0 т/га зерна, в условиях Северного Зауралья нерационально из-за его склонности к полеганию.

Сорт Отрада характеризовался более высоким потенциалом устойчивости к полеганию на высоких агрофонах по сравнению с сортом Талисман. При внесении удобрений на планируемую урожайность 5,0 т/га зерна устойчивость к полеганию снизилась до 7,8 баллов, при варьировании от 7 до 9 баллов. На очень высоком агрофоне (N₂₀₀P₈₀) растения начали полегать – устойчивость снизилась до 6,8, изменяясь в пределах 5,0-8,0 баллов. Также необходимо отметить и увеличение коэффициента вариации до 15%. Данный факт указывает на то, что практический уровень урожайности при котором сорт Отрада не полегает составляет не более 5,0 т/га зерна. При дальнейшем повышении уровня минерального питания возможно стеблевое полегание и появление потерь зерна при уборке (таблица 4).

Таблица 4 – Устойчивость сортов овса к полеганию при различном уровне минерального питания, балл (2020-2022 гг.)

Уровень минерального питания	Сорт	Среднее	Min	Max	Стандартное отклонение	CV, %
Естественный агрофон	Талисман	8,8	8,0	9,0	0,5	5
	Отрада	8,8	8,0	9,0	0,5	5
	Фома	8,8	8,0	9,0	0,5	5
Низкий N ₆₀ P ₂₀	Талисман	8,6	8,0	9,0	0,5	6
	Отрада	8,5	8,0	9,0	0,5	6
	Фома	8,8	8,0	9,0	0,5	5
Средний N ₉₀ P ₄₀	Талисман	7,9	7,0	9,0	0,6	8
	Отрада	8,1	7,0	9,0	0,8	10
	Фома	8,6	8,0	9,0	0,5	6
Высокий N ₁₅₀ P ₆₀	Талисман	7,3	6,0	9,0	1,0	14
	Отрада	7,8	7,0	9,0	0,7	9
	Фома	8,5	7,0	9,0	0,8	8
Очень высокий N ₂₀₀ P ₈₀	Талисман	6,0	4,0	8,0	1,5	25
	Отрада	6,8	5,0	8,0	1,0	15
	Фома	8,3	7,0	9,0	0,7	9

Наиболее устойчивым оказался сорт Фома, который даже на очень высоком агрофоне, обеспечивающем получение 6,0 т/га зерна, не имел

видимых признаков полегания – средний балл составил 8,3 при минимальной вариабельности ($CV=9,0\%$).

Степень устойчивости к стеблевому полеганию тесно связана с длиной междоузлий злаковых растений (Averyasova Yu.S., Fomina M.N., Loskutov I.G., 2016). Это особенно критично для первого и второго междоузлия, которые наиболее слабы к механическому воздействию раскачивающейся метёлки на длинной солоmine. Также часто происходит излом и верхнего междоузлия, где непосредственно закреплена метёлка (Ivanova Yu.S, Fomina M.N., Yaroslavtsev A.A., 2020).

Замеры междоузлий показали, что первое и второе междоузлие сортов Талисман и Отрада идентичны – 1,9-2,0 и 5,9-6,1 см. Сорт Фома отличался от них меньшей длиной – 1,3 и 4,2 см соответственно. Внесение удобрений на планируемую урожайность (умеренный агрофон) не оказало достоверного влияния на длину первого и второго междоузлия. На варианте с повышенным уровнем минерального питания было зафиксировано удлинение анализируемых междоузлий.

У сорта Фома длина первого междоузлия увеличилась с 1,4 до 3,2, тогда как длина второго – оставалась прежней. У сорта Отрада результат был противоположным – первое междоузлие удлинилось незначительно, однако второе достигло 8,2 см. Высокий ($N_{150}P_{60}$) и очень высокий ($N_{200}P_{80}$) агрофоны не оказали серьезного влияния на удлинение междоузлий, а на сорте Отрада оказали ингибирующее действие на развитие второго междоузлия, длина которого уменьшилась до 6,8 см.

Сильное вытягивание верхнего междоузлия также может негативно отразиться на устойчивости овса к стеблевому полеганию. Поэтому предпочтение нужно отдавать сортам интенсивного типа с ограниченным ростом этой части стебля. В наших исследованиях сорта имели различную длину верхнего междоузлия при естественном уровне минерального питания. Внесение возрастающих доз минеральных удобрений достоверно увеличивало

этот показатель, но сортовые особенности овса не исчезали. Максимальная длина была у сорта Талисман. На контроле оно было равно 31,5 см, что составляло 39% высоты растения. Сорт Фома, напротив, формировал верхнее междоузлие длиной 18,7 см (32% от высоты). Сорт Отрада занимал промежуточное положение – 26,8 см.

Внесение удобрений на планируемую урожайность 3,0 т/га не оказало существенного влияния на длину верхнего междоузлия изучаемых сортов. Создание повышенного уровня минерального питания вызвало удлинение верхнего междоузлия у сортов Отрада и Фома, но дальнейшее увеличение дозы удобрений оказало влияние в минимальной степени. Наиболее сильно реагировал сорт Отрада – длина его верхнего междоузлия на очень высоком агрофоне составила 39,7 см, что на 48% больше значений контроля (таблица 5, приложение Е-Ж).

Таблица 5 – Элементы строения соломины различных сортов овса при внесении возрастающих доз минеральных удобрений (2020-2022 гг.)

Уровень минерального питания	Сорт	Длина, см				Высота растений, см	Диаметр первого междоузлия, см	Диаметр второго междоузлия, см
		Верхнее междоузлие	Первое междоузлие	Второе междоузлие	Метёлки			
Естественный агрофон	Талисман	31,5	2,0	6,1	15,6	80,4	0,30	0,29
	Отрада	26,8	1,9	5,9	13,8	72,8	0,32	0,32
	Фома	18,7	1,3	4,2	11,1	58,6	0,31	0,30
Низкий N ₆₀ P ₂₀	Талисман	32,7	2,3	7,0	16,6	87,7	0,31	0,32
	Отрада	26,8	2,1	6,5	13,3	74,4	0,35	0,34
	Фома	16,1	1,4	4,7	12,2	61,3	0,34	0,34
Средний N ₉₀ P ₄₀	Талисман	33,0	2,7	5,9	17,8	92,3	0,32	0,32
	Отрада	30,6	3,3	8,2	15,5	80,3	0,34	0,34
	Фома	25,8	3,2	4,3	18,8	80,7	0,33	0,33
Высокий N ₁₅₀ P ₆₀	Талисман	34,1	4,5	6,1	17,6	92,7	0,30	0,30
	Отрада	32,5	4,3	7,4	16,8	88,5	0,31	0,32
	Фома	25,5	3,2	4,2	18,5	79,8	0,36	0,35
Очень высокий N ₂₀₀ P ₈₀	Талисман	37,1	2,9	5,9	22,7	94,4	0,30	0,31
	Отрада	39,7	3,8	6,8	19,5	97,5	0,33	0,33
	Фома	24,2	2,7	5,2	16,1	85,0	0,36	0,36

Размер метёлки овса также является очень важным показателем. Проективная площадь напрямую влияет на парусность. И чем компактнее будет метёлка, тем меньшее воздействие на неё окажет ветер. Максимальное стеблевое полегание проявляется в период молочной спелости после сильных ветров. Было отмечено, что сорта с компактной метёлкой в меньшей степени полегали (Григулецкий В.Г., 2020). В наших опытах чётко прослеживаются взаимодействие сортовых особенностей овса и уровня минерального питания на длину метёлки. Роль минеральных удобрений в формировании данного показателя составляет 11%, сорта – 10%. А вот взаимодействие факторов сорта и удобрений обуславливает 43% влияния на формирование длины метёлки овса.

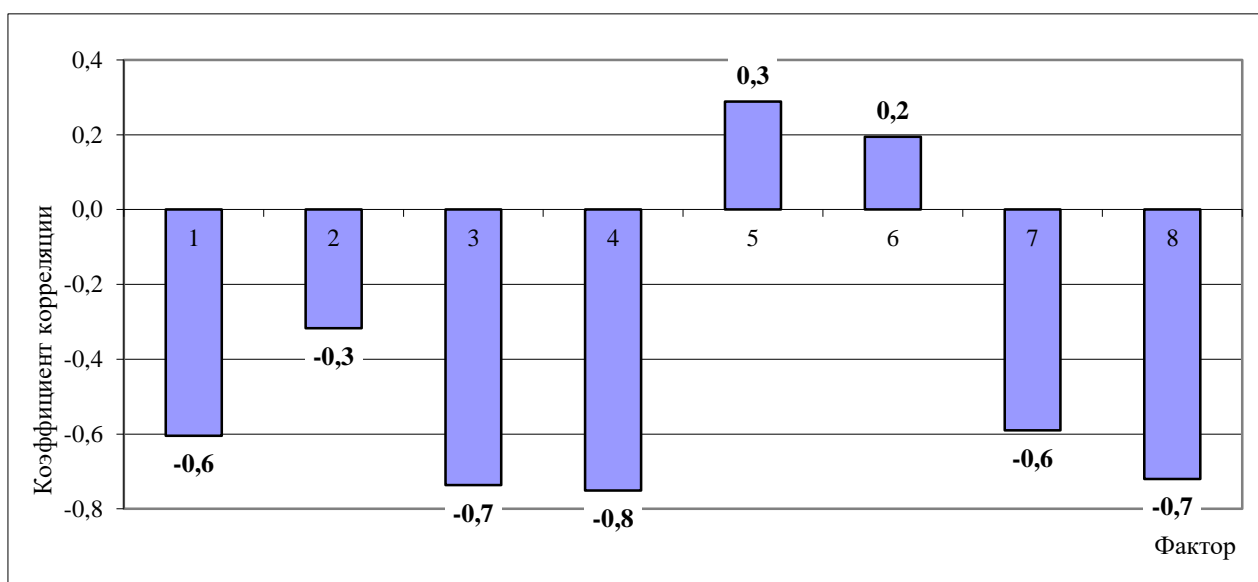
Самой компактной метёлкой среди изучаемых сортов овса обладал сорт Фома – ее длина на контроле была 11,1 см, тогда как у сорта Талисман – 15,6 см. На очень высоком агрофоне, который рассчитан на получение 6,0 т/га зерна, длина метёлки у сорта Фома была 16,1 см, тогда как у сорта Талисмана 22,7 см.

Корреляционный анализ показал, что устойчивость к полеганию имеет отрицательную связь с длиной первого ($r=-0,6$) и верхнего междоузлия ($r=-0,7$), а также с длиной метёлки ($r=-0,8$). Также была установлена отрицательная корреляция с такими факторами как урожайность ($r=-0,6$) и высота растения ($r=-0,8$). Слабая корреляционная связь ($r<0,3$) была обнаружена между устойчивостью к полеганию и длиной второго междоузлия; диаметром первого и второго междоузлия. Возможно, это было обусловлено тем, что изучаемые сорта имеют определённую степень генетической схожести (Lyubimova A.V., Tobolova G.V. [et al.], 2020).

В ходе дисперсионного анализа был рассчитан показатель силы влияния отдельных факторов на морфометрические показатели и устойчивость к полеганию (приложение II). В качестве источника вариации были взяты:

уровень минерального питания (фактор А); сорт (фактор В) и погодные условия вегетационного периода (фактор С).

Высота овса в максимальной степени зависит от погодных условий вегетационного периода. Показатель силы влияния составляет 40,4%. Роль минеральных удобрений в два раза меньше – 20,5%. Нужно отметить, что взаимодействие этих факторов обуславливает еще 11% силы влияния. Роль сорта оказалась минимальной среди изучаемых факторов – 14,5%. Точность опыта по выявлению влияния изучаемых показателей на высоту растения достаточно высокая – 1,66% при наименьшей существенной разности 3,83 см (рисунок 3).



1 – длина первого междоузлия; 2 – длина второго междоузлия; 3 – длина верхнего междоузлия; 4 – длина метёлки; 5 – диаметр первого междоузлия; 6 – диаметр второго междоузлия; 7 – урожайность; 8 – высота растений.

Рисунок 3 – Корреляция между элементами структуры овса, урожайностью и устойчивостью к полеганию

Диаметр первого и второго междоузлия преимущественно зависел от погодных условий вегетации – показатель силы влияния был равен 48,4 и 43,1% соответственно. Минеральные удобрения оказали достоверное влияние ($F_{\text{факт.}} > F_{\text{теор.}}$), но в минимальной степени 6,4-8,1%. Роль сорта очевидна – показатель силы влияния составил 12,9 и 11,7% соответственно. В ходе

анализа не удалось установить сильного взаимодействия изучаемых факторов. Возможно, что кроме них были ещё и другие, которые не учтены в работе.

Анализ комплексного показателя выявил, что устойчивость к стеблевому полеганию на 34,3% зависит от уровня минерального питания; на 11,5% от сорта и на 6,1% от погодных условий вегетации. Достоверного влияния взаимодействия факторов ВС, а также АВС установлено не было ($F_{\text{факт.}} < F_{\text{теор.}}$). Точность опыта была умеренно высокой – 4,12% при наименьшей существенной разности 0,94 балла.

Для оценки влияния уровня минерального питания были использованы индексы устойчивости, которые учитывали отношения различных морфометрических показателей (таблица 6).

Таблица 6 – Дисперсионный анализ и показатель силы влияния факторов на устойчивость овса (2020-2022 гг.)

Источник вариации	Высота растений, см	Диаметр междоузлий, мм		Устойчивость к полеганию
		первого	второго	
Фактор А (уровень минерального питания)	20,5	6,4	8,1	34,3
Фактор В (сорт)	14,5	12,9	11,7	11,5
Фактор С (погодные условия вегетации)	40,4	48,1	43,1	6,1
Взаимодействие АВ	3,8	9,3	6,6	10,0
Взаимодействие АС	11,9	1,5	2,0	6,0
Взаимодействие ВС	2,2	4,0	4,3	-
Взаимодействие АВС	1,5	6,0	5,1	-
Ошибка средней	1,36	0,004	0,004	0,33
Точность опыта, %	1,66	1,86	1,88	4,12
Ошибка разности	1,92	0,006	0,006	0,47
Критерий Стьюдента	2	2	2	2
Наименьшая существенная разность	3,83	0,012	0,012	0,94

В мировом научном сообществе используется множество расчётных показателей (индексов и коэффициентов), характеризующих устойчивость к полеганию зерновых культур (Matsuyama H., Shimazaki Y. [et al.], 2014). Наиболее распространенным является индекс Гальченко, который показывает отношение длины соломины к диаметру первого (второго) междоузлия. Чем

выше это отношение, тем сильнее склонность к полеганию. Установлено, что сорт Талисман изначально имеет склонность к полеганию, о чём свидетельствует максимальный индекс Гальченко, варьирующий по вариантам от 146 до 168 ед. С повышением уровня минерального питания устойчивость к полеганию уменьшается, достигая минимума при внесении удобрений на планируемую урожайность свыше 4,0 т/га зерна. Сорт Отрада на очень высоком ($N_{200}P_{80}$) агрофоне также снижал устойчивость к полеганию – индекс Гальченко соответствовал таковому у сорта Талисман. На варианте с высоким уровнем минерального питания ($N_{150}P_{60}$) этот индекс был меньше – 151 и 149 ед. для первого и второго междоузлия соответственно. При умеренном и повышенном агрофоне склонность к полеганию была на уровне контроля (таблица 7).

Таблица 7 – Индексы устойчивости к полеганию при различном уровне минерального питания овса (2020-2022 гг.)

Уровень минерального питания	Сорт	JG (L_c/d_1)	L_c/d_2	L_1/d_1	L_2/d_2	MJ
Естественный агрофон	Талисман	146	148	5	14	0,017
	Отрада	124	123	4	12	0,023
	Фома	103	105	3	9	0,027
Низкий $N_{60}P_{20}$	Талисман	150	149	5	15	0,017
	Отрада	117	118	4	12	0,024
	Фома	97	97	3	9	0,037
Средний $N_{90}P_{40}$	Талисман	154	154	6	12	0,015
	Отрада	127	126	7	16	0,022
	Фома	127	127	7	9	0,022
Высокий $N_{150}P_{60}$	Талисман	168	168	10	14	0,015
	Отрада	151	149	9	16	0,022
	Фома	113	116	6	8	0,026
Очень высокий $N_{200}P_{80}$	Талисман	157	154	7	13	0,014
	Отрада	156	154	8	14	0,018
	Фома	127	127	5	10	0,023

JG – индекс Гальченко; L_c – длина междоузлия; d_1, d_2 – диаметр междоузлия;
MJ – мексиканский индекс.

Минимальный индекс Гальченко был у сорта Фома. Он также увеличился под действием минеральных удобрений, но существенно меньше, чем у сорта Талисман. На очень высоком агрофоне отношение длины соломины к

диаметру первого междоузлия составило 127 ед., тогда как сорт Талисман имел достоверно более высокое значение даже на контроле.

Отношение длины первого и второго междоузлия к их диаметру характеризует степень устойчивости к полеганию за счёт их механической прочности. Чем выше это отношение, тем менее прочны эти междоузлия. Расчёты подтвердили, что сорт Талисман имеет генетическую склонность к полеганию, а уровень минерального питания существенно увеличивает вероятность излома второго междоузлия. Сорт Отрада также имеет высокую вероятность полегания при внесении удобрений на урожайность 5,0 и более т/га зерна – отношение длины второго междоузлия к его диаметру составило 16 ед. Наиболее устойчивым показал себя сорт Фома. L_1/d_1 варьировало от 3 до 7 ед., а отношение второго междоузлия было достоверно выше – 8-10 ед.

Мексиканский индекс (MJ) является показателем зерновой нагрузки на соломину. Этот индекс считается наиболее важным, поскольку имеет максимальную корреляционную связь с устойчивостью к полеганию (Navabi A., Idbal M. [et al.], 2006; Arinicheva I.V., Arinichev I.V. [et al.], 2021).

В ходе проведенных исследований было установлено, что сорт Талисман характеризовался стабильностью мексиканского индекса при различном уровне минерального питания – 0,014-0,017 ед. Сорта Отрада и Фома имели более высокую зерновую нагрузку на единицу длины соломины. MJ был равен 0,018-0,023 ед., что соответствует устойчивым к полеганию сортам овса (Иванова Ю.С., Фомина М.Н., 2017). Было установлено, что на очень высоком агрофоне, где вносили удобрения из расчёта 6,0 т/га зерна, мексиканский индекс достоверно уменьшился относительно контроля до 0,018 ед. Это подтверждает установленный нами потенциал урожая сорта Отрада, при котором стеблевое полегание не будет проявляться в полной мере.

Сорт Фома имел максимальный мексиканский индекс среди изучаемых сортов. Он варьировал в пределах от 0,023 до 0,030 ед. Достоверного влияния удобрений на отношение массы зерна с одной метёлки к длине соломины

обнаружено не было. Можно лишь отметить тенденцию ухудшения этого показателя при повышении уровня минерального питания. Установленный факт подтверждает, что сорт Фома имеет максимальную устойчивость к стеблевому полеганию при формировании урожайности до 6,0 т/га зерна включительно.

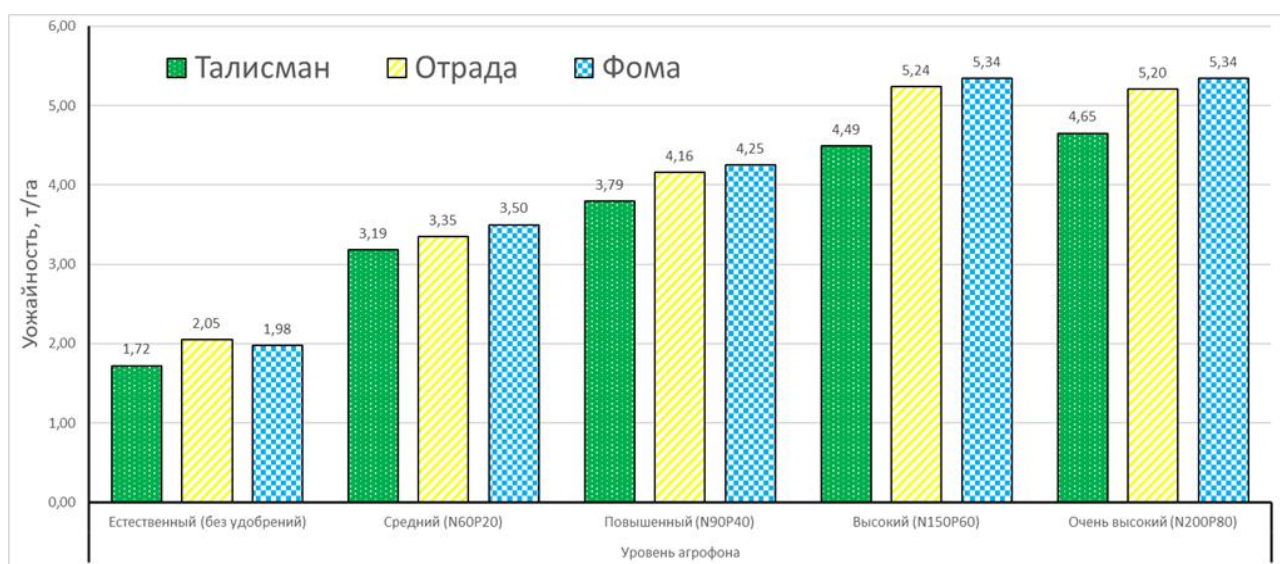
ГЛАВА 4 РОЛЬ ВОЗРАСТАЮЩИХ ДОЗ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ И ЭЛЕМЕНТЫ СТРУКТУРЫ УРОЖАЯ

4.1 Продуктивность овса

Погодные условия в годы исследований существенно отличались друг от друга. По этой причине эффективность вносимых минеральных удобрений была разной. По расчётам кафедры почвоведения и агрохимии азот и фосфор относятся к показателям первого минимума для чернозёмных почв. Естественных запасов азота в чернозёмах выщелоченных лесостепи Зауралья достаточно только для формирования 1,8 т/га, а в благоприятные годы, когда влажность и температура почвы оптимальны – до 2,3 т/га (Абрамов Н.В., Ерёмин Д.И., 2009). Третьим лимитирующим фактором формирования планируемой урожайности являются запасы продуктивной влаги. Современные исследования показали необходимость учёта не столько наличия влаги в почве, сколько характер распределения осадков по вегетации вместе с температурой воздуха. Наиболее близким показателем, коррелирующим с фактической урожайностью, оказался гидротермический коэффициент Селянинова (Пономарева С.В, Селехов В.В., 2017; Абрамов Н.В., Плотников А.М., Созинов А.В., 2023).

Наши исследования показали, что при отсутствии минеральных удобрений урожайность овса в среднем варьировала от 1,72 (Талисман) до 2,05 т/га (Отрада). Существенных преимуществ какого-либо сорта обнаружено не было. В 2021 году, который был очень засушливым и жарким урожайность овса на контроле уменьшилась до 1,22-1,59 т/га, а в благоприятном (2021 г.) она возросла до 2,35-2,48 т/га (приложение И). Внесение удобрений в дозе N₆₀P₂₀ обеспечило формирование планируемой урожайности с диапазоном значений от 3,19 (Талисман) до 3,50 (Фома) т/га. Несмотря на то, что в 2021 году растения испытывали атмосферную и почвенную засуху, урожайность сортов

Отрада и Фома была на уровне плана – 3,14 и 3,13 т/га соответственно. Сорт Талисман сформировал в этот год достоверно меньшую урожайность – 2,54 т/га, при наименьшей существенно разнице 0,11 тонны. В благоприятный год (2021 г.) урожайность овса при внесении дозы удобрений $N_{60}P_{20}$ оказалась достоверно выше планируемых значений – от 3,57 (Талисман и Отрада) до 3,72 т/га (Фома). Причиной этого являлась высокая биологическая активность почвы, о чём свидетельствует более высокое содержание нитратного азота в течение всей вегетации в 2021 году. Аналогичный результат был получен в исследованиях А.А. Ахтямовой (2018) и О.Н. Дёминой (2021) (рисунок 4).



НСР₀₅ Зерно: фактор А (сорт) – 0,11; фактор В (удобрения) – 0,18; взаимодействие АВ – 0,20.

Рисунок 4 – Влияние минеральных удобрений на продуктивность сортов овса, т/га (2020-2022 гг.)

На повышенном агрофоне, который создавали путем внесения $N_{90}P_{40}$, средняя урожайность варьировала от 3,79 (Талисман) до 4,25 (Фома) т/га. Фактическая урожайность совпала с расчётной – отклонения были в пределах $\pm 5\%$ от плана. Анализ урожайности по годам показал существенное варьирование изучаемого показателя. В неблагоприятный 2021 год урожайность овса на варианте с повышенным уровнем минерального питания

варьировала от 2,63 (Талисман) до 3,24 (Отрада) т/га. А в 2020 и 2022 годах фактический сбор зерна был достоверно выше планируемой урожайности: 4,31 (Талисман) и 4,94 (Фома) т/га. Аналогичное превышение урожайности относительно плана было отмечено и в отдельные годы на варианте с высоким уровнем минерального питания. Незапланированная прибавка составила 10-29% относительно плана. Причиной превышения планируемой урожайности, как отмечает О.Н. Дёмина (2021), является стимулирующий эффект минеральных удобрений, оказываемый на нитрифицирующую микробиоту. В результате текущая нитрификация возрастает с 60 кг/га до 80...100 кг в благоприятные годы. Средняя за годы исследований урожайность при внесении удобрений в дозе $N_{150}P_{60}$ составила от 4,49 (Талисман) до 5,34 (Фома) т/га. При таком уровне минерального питания стали видны сортовые преимущества – прибавка сорта Фома относительно Талисмана составила 19% при одних и тех же условиях.

Продуктивность современных сортов овса, как заявляют селекционеры, может достигать более чем 6,0 т/га. Это подтверждается и данными государственных сортоиспытательных участков, расположенных по всей территории Российской Федерации. Для получения планируемой урожайности 6,0 т/га необходимо создавать очень высокий агрофон и без минеральных удобрений это невозможно. Поэтому в опыте была использована максимальная доза удобрений, которую в настоящее время используют в регионе единицы сельскохозяйственных предприятий. Для получения урожая в 6,0 т/га зерна было внесено 200 кг азота и 80 кг фосфора в действующем веществе

На варианте с очень высоким уровнем минерального питания ($N_{200}P_{80}$) средняя урожайность за годы исследований не достигла планируемых 6,0 т/га. Минимальный сбор был зафиксирован у сорта Талисман – 4,65 т/га, что соответствовало предыдущему варианту. Сорта Отрада и Фома были однозначно лучше – их урожайность была равна 5,20 и 5,34 т/га соответственно. Недобор урожая составил 11-23% относительно плана. Для

выявления причины необходим анализ урожайности по годам. В неблагоприятном по влагообеспеченности 2021 году урожайность на варианте с максимальным агрофоном варьировала по сортам от 2,30 до 3,36 т/га. Средняя урожайность обеспечивалась урожайностью 2020 и 2022 года. Так, сорт Фома в 2022 году сформировал 6,88 тонны зерна, что на 9% выше Отрады и на 14% выше значений сорта Талисман.

Таким образом, в условиях лесостепи Зауралья вероятность получения планируемой урожайности овса до 6,0 т/га достаточно высокая, что обуславливает перспективу интенсификации его выращивания в производстве. Установлено, что внесение минеральных удобрений в дозах, рассчитанных на получение свыше 4,0 т/га ($N_{90}P_{40}$), оказывает стимулирующий эффект на деятельность почвенной микробиоты, высвобождающей питательные вещества из почвы. Поэтому требуется корректировка вносимых доз удобрений.

4.2 Структура урожая

Урожайность зерновых культур формируется в результате взаимодействия элементов её структуры. Как показали многочисленные исследования, наиболее значимыми для формирования урожая являются количество продуктивных стеблей, озернённость метёлки и крупность зерна. В меньшей степени влияние оказывают густота стояния и количество зёрен в метёлке (Ivanova Yu.S., Fomina M.N., Yaroslavtsev A.A., 2020). Полученные анализы показывают, что изучаемые сорта овса по-разному реагируют на изменение уровня минерального питания. К моменту уборочных работ плотность стеблестоя на естественном агрофоне (контроль) достоверно отличалась по сортам. Максимум был у сорта Талисман – 370 шт./м², минимум (320 шт./м²) у сорта Фома. С повышением агрофона количество стеблей увеличилось до 388 шт./м² (Отрада) и 394 шт./м² (Фома). В посевах сорта Талисман была обнаружена иная закономерность – на высоком и очень высоком агрофоне плотность стеблестоя уменьшилась до 350 и 328 шт./м²

соответственно, при наименьшей существенной разнице равной 20 шт./м². Данный факт считаем сортовой реакцией Талисмана на большие дозы удобрений (таблица 8).

Таблица 8 – Влияние уровня агрофона на элементы структуры урожая овса (2020-2022 гг.)

Показатель	Сорт (фактор А)	Уровень агрофона (фактор В)					НСР ₀₅
		Естественный агрофон	Низкий N ₆₀ P ₂₀	Средний N ₉₀ P ₄₀	Высокий N ₁₅₀ P ₆₀	Очень высокий N ₂₀₀ P ₈₀	
Всего стеблей, шт./м ²	Талисман	370	368	372	350	328	A=18 B=20 AB=14
	Отрада	337	352	360	365	388	
	Фома	320	340	370	396	394	
в т. ч. продуктивных, шт./м ²	Талисман	321	324	340	325	300	A=12 B=16 AB=17
	Отрада	319	335	340	344	367	
	Фома	305	324	335	338	361	
Доля продуктивных стеблей, %	Талисман	87	88	91	93	91	A=3 B=5 AB=6
	Отрада	95	95	94	94	95	
	Фома	95	95	91	85	92	
Отношение зерна к соломе	Талисман	0,67	0,70	0,56	0,55	0,47	A=0,04 B=0,03 AB=0,06
	Отрада	0,80	0,85	0,75	0,70	0,67	
	Фома	0,75	0,75	0,67	0,65	0,66	
Количество зёрен в метёлке, шт.	Талисман	18	28	30	35	40	A=4 B=3 AB=5
	Отрада	21	27	33	35	32	
	Фома	23	29	31	36	34	
Масса зерна с метёлки, г	Талисман	0,8	1,3	1,3	1,6	1,6	A=0,1 B=0,2 AB=0,2
	Отрада	0,9	1,2	1,5	1,6	1,5	
	Фома	1,0	1,3	1,5	1,7	1,5	

Изучаемые сорта овса Тюменской селекции характеризуются достаточно высокой долей формирования продуктивных стеблей, причем на всех изучаемых уровнях агрофона. Для сортов интенсивного типа это является крайне важным показателем, поскольку наличие непродуктивных стеблей, а в последствии и подгона, существенно затрудняет уборочные работы в условиях лесостепи Зауралья. В наших исследования данный показатель не снижался ниже 85% и даже в благоприятный по увлажнению 2022 г. несформировавшихся стеблей в виде подгона обнаружено не было. Данный факт обусловлен тем, что при создании этих сортов селекционеры особое

внимание уделили ограничению позднего кушения, которое часто встречается в инорайонных сортах (Иванова Ю.С. [и др.], 2023).

Косвенным показателем эффективности минеральных удобрений может служить отношение зерна к соломе. На естественном агрофоне сорт Талисман выделился минимальным значением (0,67), тогда как у Отрады и Фомы – 0,80 и 0,75 соответственно. Внесение удобрений в дозах, рассчитанных на получение урожайности 3,0 т/га (низкий уровень агрофона), увеличило отношение Талисмана и Отрады до 0,70 и 0,85 ед. соответственно. При дальнейшем повышении уровня агрофона наблюдалась тенденция снижения эффективности вносимых удобрений – отношение зерна к соломе на варианте с внесением удобрений из расчёта 6,0 т/га достигло 0,47 ед. у сорта Талисман и 0,66-0,67 ед. у Отрады и Фомы.

Таким образом, можно считать, что Талисман проигрывает в эффективности использования минеральных удобрений сортам Отрада и Фома.

Озернённость метёлки, как показали наши исследования, зависит не только от генотипа, но и агрофона, на котором возделывается овёс. При отсутствии минеральных удобрений все изучаемые сорта характеризовались минимальным количеством зерна в метёлке: Талисман – 18, Фома – 23 шт. В большей степени на уровень агрофона реагировал Талисман. На очень высоком агрофоне ($N_{200}P_{80}$) в метёлке было до 40 шт. зёрен, но при этом масса 1000 зёрен стабильно уменьшалась.

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, добиваясь 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 N₆₀P₂₀, N₉₀P₄₀ 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 расчёта планиваемой урожайности вплоть до 6,0 т/га не оказало существенного влияния – содержание мелкого зерна варьировало в пределах 8,0-9,5% (рисунок 5).

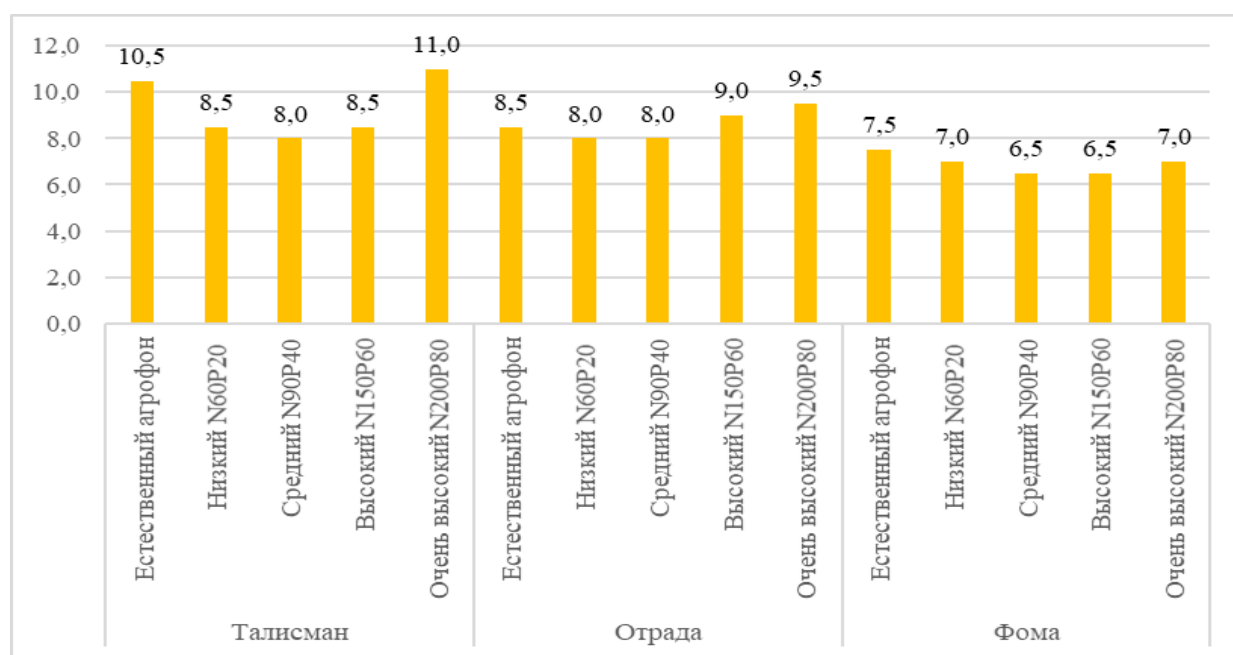


Рисунок 5 – Влияние уровня агрофона на формирование доли мелкого зерна овса, % (2020-2022 гг.)

Для сорта Фома на генетическом уровне характерно крупное зерно (Fomina M.N. [et al.], 2018). На естественном агрофоне, где удобрения не вносили, урожай 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 (Фомина М.Н., 2015).

Ещё одним показателем качества семенного материала принято считать массу 1000 зёрен, которая определяет жизнеспособность растений на начальных этапах онтогенеза (Ахтариева М.К., Белкина Р.И., Сердюкова Л.А., Моисеева К.В., 2018). Масса 1000 зёрен тесно связана с уровнем минерального питания. Как показали исследования, эта связь нелинейная. На контроле зерно формировалось с минимальными значениями массы 1000 зёрен: 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 чернозёмной 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 т/га (низкий агрофон) до 5,0 т/га (высокий агрофон) обеспечили достоверное увеличение массы 1000 зёрен. Максимальное значение было зафиксировано у сорта Фома на высоком агрофоне ($N_{150}P_{60}$) – $38,8 \pm 2,4$ г. Дальнейшее повышение уровня минерального питания ($N_{200}P_{80}$) привело к уменьшению массы 1000 зёрен сортов Талисман (33,5 г) и Фома (36,5 г). У Отрады снижения не зафиксировано (таблица 9) (приложение М-П).

Таблица 9 – Влияние уровня минерального питания на массу 1000 зёрен овса (2020-2022 гг.)

Агрофон	Талисман		Отрада		Фома	
	X_{cp}	CV, %	X_{cp}	CV, %	X_{cp}	CV, %
Естественный агрофон	$33,3 \pm 3,1$	9	$34,7 \pm 1,4$	4	$35,4 \pm 2,2$	6
Низкий $N_{60}P_{20}$	$36,4 \pm 0,8$	2	$35,4 \pm 1,6$	4	$36,4 \pm 1,6$	4
Средний $N_{90}P_{40}$	$36,2 \pm 1,5$	4	$38,0 \pm 2,5$	7	$38,5 \pm 1,6$	4
Высокий $N_{150}P_{60}$	$37,1 \pm 1,1$	3	$37,9 \pm 2,5$	7	$38,8 \pm 2,4$	6
Очень высокий $N_{200}P_{80}$	$33,5 \pm 2,9$	9	$37,9 \pm 2,8$	7	$36,5 \pm 2,0$	5
Ошибка средней (X_{cp}) – 0,6; точность опыта – 1,7%; ошибка разности (S_d) – 0,9; критерий Стьюдента – 2; наименьшая существенная разность (НСР) частных различий – 1,7; (CV) – коэффициент вариации.						

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

Внесение удобрений на планируемую урожайность от 3,0 до 5,0 т/га положительно повлияло на вариабельность массы 1000 зёрен 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 незавершённость ростовых процессов Талисмана.

Было установлено, что различные дозы удобрений не оказали существенного влияния на вариабельность массы 1000 зёрен 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 10).

Таблица 10 – Результаты трёхфакторного дисперсионного анализа массы 1000 зёрен овса (2020-2022 гг.)

Источники вариации	S_x	S_d	$НСП_{05}$	$F_{факт.}$	$F_{теор.}$	Влияние, %
Уровень минерального питания (фактор А)	0,2	0,3	0,6	30,5	2,5	23,4
Сорт (фактор В)	0,2	0,3	0,6	24,9	3,1	9,6
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

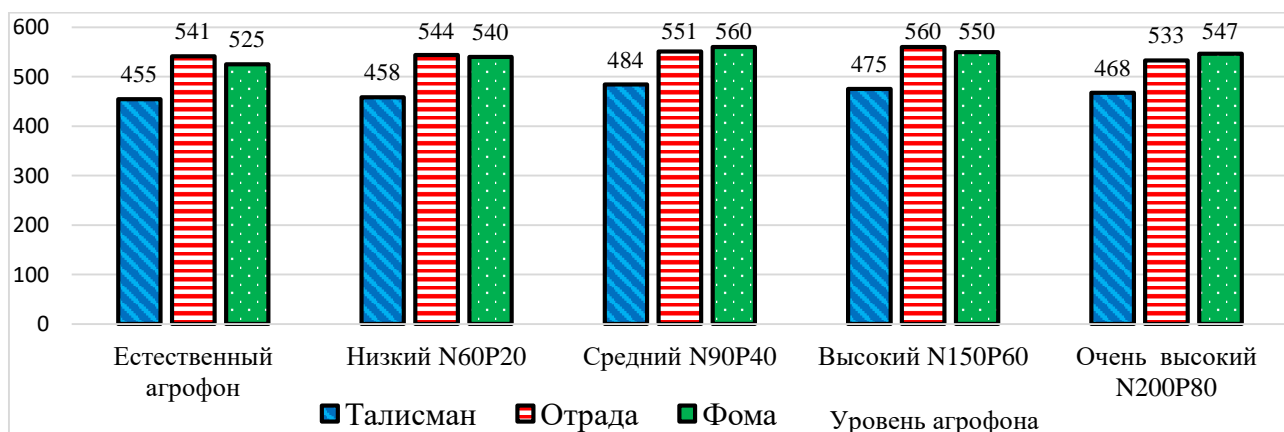
Дисперсионный анализ показал, что на массу 1000 зёрен преимущественно влияют два фактора: погодные условия вегетационного периода (показатель силы влияния равен 30,0%) и минеральные удобрения (23,4%). Наименьшая существенная разница по этим факторам была равна 0,5 и 0,6 г соответственно. Также была отмечена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

ГЛАВА 5 ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА КАЧЕСТВО ЗЕРНА ОВСА

5.1 Технологические качества

Помимо количественных признаков эффективности минеральных удобрений, существуют еще и качественные, из которых можно выделить технологические (натура и плёнчатость) (Belkina R.I., Letyago Y.A. [et al.], 2020).

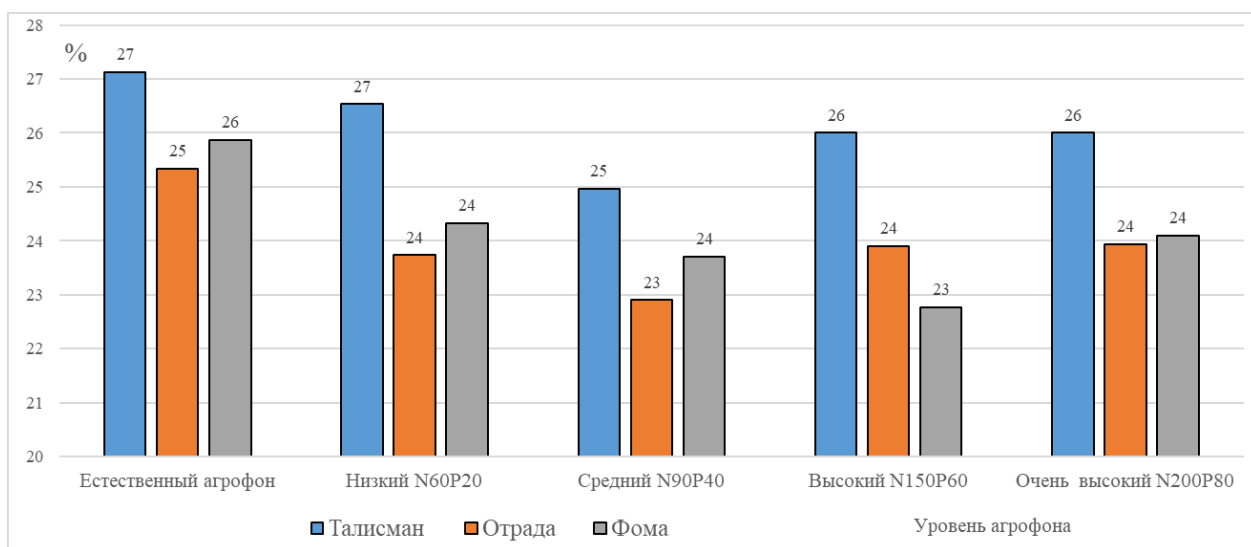
Натура зерна овса – важнейший показатель для крупяного производства, поэтому аграрии стараются выращивать высоконатурные сорта (Баталова Г.А., 2018). В ходе исследований было установлено, что внесение низких доз удобрений, рассчитанных на получение 3,0 т/га, натура зерна повышается незначительно. На повышенном и высоком агрофоне она достигает максимальных значений: Талисман – 484 г/дм³; Отрада и Фома – 560 г/дм³. На варианте с дозами удобрений, рассчитанными на 6,0 т/га (очень высокий агрофон) у Талисмана и Отрады отмечена тенденция к снижению натуры, а у Фомы она была неизменной (рисунок 6, приложение Р). Натурная масса связана с плёнчатостью овса, которая может достигать весьма значительных величин (Кардашина В.Е. Николаева Л.С., 2019).



HCP₀₅: для фактора А–25,1; фактора В–28,0; взаимодействие АВ–30,4

Рисунок 6 – Влияние уровня минерального питания на натуру зерна овса, г/дм³ (2020-2022 гг.)

Как в кормовом, так и пищевом значении, плёнчатость является неблагоприятным показателем качества овса (рисунок 7). По результатам полевых исследований было установлено, что плёнчатость контролируется на генетическом уровне. На естественном агрофоне плёнчатость сортов варьировала от 25,3 (Отрада) до 27,1% (Талисман). На удобренных вариантах выявлено незначительное изменение показателя в пределах наименьшей существенной разницы (приложение С). Также не было обнаружено существенного влияния удобрений на содержание золы в зерне, которая преимущественно сосредоточена в плёнках и чешуйках овса.



HCP₀₅: для фактора A–1,3; фактора B–1,6; взаимодействие AB–1,8

Рисунок 7 – Влияние уровня минерального питания на плёнчатость овса, % (2020-2022 гг.)

Трёхфакторный дисперсионный анализ показал, что на плёнчатость и натуру зерна овса изучаемые факторы оказывают достоверное влияние. Плёнчатость зерна овса преимущественно зависит от сортовой принадлежности – показатель силы влияния (ПСВ) составляет 29,9%, что в два раза больше воздействия уровня минеральных удобрений и погодных условий, чей ПСВ равен 15,1 и 11,5% соответственно. Также плёнчатость зерна на 9,4% зависит от взаимодействия всех трёх факторов (ABC) – 9,4% (таблица 11).

К аналогичному заключению пришёл А.А. Артемьев (2023) в Мордовском научно-исследовательском институте сельского хозяйства – филиале ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого.

Таблица 11 – Результаты дисперсионного анализа по выявлению роли изучаемых факторов на технологические свойства зерна овса (2020-2022 гг.)

Источник вариации	Плёнчатость			Натура		
	F _{факт.}	F _{теор.}	F _{факт.}	F _{теор.}	F _{факт.}	F _{теор.}
Фактор А (уровень минерального питания)	86,7	2,4	86,7	2,4	86,7	2,4
Фактор В (сорт)	344,0	3,0	29,9	1121,8	3,0	45,9
Фактор С (погодные условия)	131,6	3,0	11,5	848,3	3,0	34,7
Взаимодействие АВ	15,6	2,0	5,4	4,0	2,0	0,6
Взаимодействие АС	21,8	2,0	7,6	9,1	2,0	1,5
Взаимодействие ВС	43,4	2,4	7,6	42,5	2,4	3,5
Взаимодействие АВС	13,6	1,7	9,4	11,5	1,7	3,8
ПССВ – показатель силы влияния; F – критерий Фишера.						

Роль минеральных удобрений в формировании натуры зерна овса минимальна – показатель силы влияния составил 3,6%. На этот показатель оказывают влияние в максимальной степени: генотип (сорт) и погодные условия. Показатель силы влияния этих факторов был равен 45,9 и 34,7% соответственно. Поэтому для получения зерна с высокими технологическими показателями, прежде всего, необходимо подобрать сорт, который в конкретных почвенно-климатических условиях будет соответствовать требованиям. А для получения стабильных показателей качества зерна необходима оптимизация минерального питания за счёт внесения научно-обоснованной дозы удобрений (Баталова Г.А., 2018; Полонский В.И., Герасимов С.А. [и др.], 2022; Савачаев А.В., Васин В.Г., Захарова О.А., 2023).

5.2 Биохимические показатели качества

К качественным признакам эффективности минеральных удобрений относится биохимический, наиболее важным из которых является протеин. На естественном агрофоне, где отсутствуют минеральные удобрения, можно

установить генетические особенности сортов по эффективности поглощения почвенного азота и работы фотосинтетического аппарата (Любимова А.В., Ерёмин Д.И., 2021). В среднем за три года исследований содержание протеина в зерне овса достоверно отличалось по сортам. Минимальное содержание (6,7%) было у сорта Талисман, тогда как у сорта Фома – 8,9%. Внесение минимальной дозы удобрений, для создания среднего уровня агрофона положительно сказалось на содержании протеина у сортов Талисмана (7,3%) и Фомы (9,5%). В зерне сорта Отрада количество белка оставалось на прежнем уровне – 7,3%.

Повышение уровня минерального питания сопровождалось увеличением содержания протеина в изучаемых сортах вплоть до 10,4% на варианте с высоким агрофоном (N₁₅₀P₆₀). В зерне сорта Талисман содержание белка также повышалось (8,6%), но его было достоверно меньше, чем в других сортах. На очень высоком агрофоне, который был рассчитан на урожайность 6,0 т/га, содержание протеина у изучаемых сортов овса не увеличилось – отклонения были в пределах ошибки опыта (НСР₀₅ = 0,6%) (таблица 12).

Таблица 12 – Формирование биохимических показателей зерна овса на различных агрофонах (2020-2022 гг.)

Показатель	Сорт (Фактор В)	Вариант (фактор А)					НСР ₀₅
		Естественный агрофон	Низкий N ₆₀ P ₂₀	Средний N ₉₀ P ₄₀	Высокий N ₁₅₀ P ₆₀	Очень высокий N ₂₀₀ P ₈₀	
Протеин, %	Талисман	6,7	7,3	8,2	8,6	8,1	A=0,4 B=0,6 AB=0,6
	Отрада	7,3	7,3	9,5	10,4	9,9	
	Фома	8,9	9,5	10,0	10,4	10,5	
Крахмал, %	Талисман	45,9	48,0	48,3	47,7	46,6	A=2,4 B=2,8 AB=3,0
	Отрада	46,2	48,3	52,4	52,7	51,1	
	Фома	46,4	47,8	50,4	51,1	50,5	
Масло, %	Талисман	3,8	4,1	4,0	4,0	4,0	A=0,3 B=0,3 AB=0,4
	Отрада	5,5	5,8	6,1	5,8	5,7	
	Фома	4,3	4,3	4,4	4,3	4,3	
Зольность, %	Талисман	3,24	3,18	3,16	3,18	3,18	A=0,16 B=0,21 AB=0,23
	Отрада	3,17	3,14	3,11	3,06	3,08	
	Фома	3,12	3,04	3,02	2,92	2,94	

Одним из главных биохимических показателей, характеризующих качество зерна, считают содержание протеина. Его содержание зависит от внешних факторов – погода, увлажнение и уровень агрофона (приложение Т). Максимальное содержание протеина в зерне ограничивается генетикой сорта (Eremin D.I., Eremina D.V., 2018).

Чернозём выщелоченный, на котором проводили опыты с удобрениями, характеризуется очень низкой обеспеченностью нитратным азотом в период от посева до вымётывания метёлки овса – содержание нитратов в пахотном слое не превышает 8 мг/кг (Demin E.A., Varabanshchikova, L.N., 2021). Поэтому зерновые культуры на естественном агрофоне, без внесения минеральных удобрений развиваются в условиях дефицита азотного питания. Формирование протеина на таких почвах обусловлено преимущественно генетическими особенностями сорта (Eremin D.I., Renev E.P., 2021).

В 2020 г. зерно сорта Талисман содержало $6, \pm 0,5\%$ протеина. Внутрипольный коэффициент вариации составил 8%, что соответствовало низкой степени изменчивости. В острозасушливом 2021 г. урожайность была ниже, что обусловило некоторое улучшение азотного питания. Это благоприятно отразилось на содержании протеина в зерне – 7,5% при существенном снижении вариабельности значений по варианту.

Сорт Отрада изначально выделился более высоким значением протеина в зерне. Его содержание в 2020 и 2021 г. было одинаковым – $7,0 \pm 0,7$ и $7,3 \pm 0,5\%$ соответственно. Но была отмечена более высокая внутрипольная вариабельность. Фома, как отмечалось выше, на естественном агрофоне уступал Отраде по урожайности, но в 2020 г. не имел достоверных отличий по содержанию протеина в зерне. В острозасушливом 2021 г. этот сорт выделился минимальным значением среди изучаемых сортов – 6,4% при наименьшей существенной разнице 0,48%.

Внесение возрастающих доз удобрений до уровня высокого агрофона обеспечило стабильное повышение содержания протеина в зерне как в 2020,

так и 2021 гг. Однако стали проявляться генетические особенности. В зерне сорта Талисман содержание протеина не превышало 8,4-9,5%, что было минимальным значением в опыте. Сорта Отрада и Фома при внесении удобрений в дозах $N_{60}P_{20}$; $N_{90}P_{40}$; $N_{150}P_{60}$ кг/га действующего вещества формировали зерно с достоверно более высоким содержанием протеина. На высоком агрофоне его содержание достигло 10,4-11,5%, при коэффициенте вариации до 6%. При дальнейшем повышении уровня минерального питания (очень высокий агрофон) содержание протеина в зерне изучаемых сортов при различных погодных условиях не изменялось – все отклонения были в пределах ошибки опыта и были меньше наименьшей существенной разницы. В ходе опыта была установлена положительная корреляция ($r=0,78$) между вносимыми азотными удобрениями и содержанием протеина в зерне овса. Также был определен генетический потенциал изучаемых сортов овса: Талисман – 6,1-9,5%; Отрада и Фома – 6,4-11,5%. В контрастных по увлажнению условиях сорта Отрада и Фома показали стабильность в накоплении протеина, тогда как Талисман реагировал на погодные условия вегетационного периода.

В условиях 2022 г. содержание протеина на контроле по сортам варьировалось от 6,4 (Талисман) до 7,5% (Отрада). Внесение минеральных удобрений на планируемую урожайность 3,0 т/га не оказало влияния на содержание протеина в зерне сортов Талисман и Отрада. В тоже время в 2022 г. в зерне сорта Фома содержание протеина возросло с 6,8 до 8,1% при $НСР_{05}$ равном 0,2%. Дальнейшее повышение уровня минерального питания обеспечило содержание протеина до 9,6 и 9,9% у сортов Талисман и Отрада, сорт Фома на повышенном агрофоне сформировал зерно с содержанием протеина 8,5%. Необходимо отметить, что на очень высоком агрофоне, где удобрения вносили 6,0 т/га, содержание протеина у всех сортов овса незначительно уменьшилось относительно предыдущего варианта (приложение У).

Крахмал – основной наполнитель зерна. Поэтому от его количества и характера паковки в зерновках зависят и основные технологические качества. Его содержание также зависит от уровня минерального питания и в меньшей степени, чем протеин, от сорта. На естественном агрофоне содержание крахмала составило 45,9-46,4% при НСР₀₅ равном 2,4%. В зерне, собранном на вариантах с повышенным и высоким агрофоном, рассчитанными на урожайность 4,0 и 5,0 т/га, содержание крахмала достигало 50,4 (Фома) и 52,4 (Отрада), тогда как у сорта Талисман – 48,3%. На очень высоком агрофоне данный показатель не имел достоверных изменений.

При анализе результатов прослеживается определенная зависимость влияния погодных условий и уровня агрофона. В благоприятный 2020 г. содержание крахмала в зерне сорта Талисман было равно $46,6 \pm 1,2\%$. В 2021 г. этот показатель не имел достоверного различия, что указывает на относительную стабильность сорта при дефиците питательных веществ в почве. При внесении удобрений в дозе N₆₀P₂₀ кг/га (низкий уровень агрофона) содержание крахмала в различные по погоде годы не изменялась. При создании среднего агрофона (N₉₀P₄₀) наблюдалось достоверное понижение крахмала в зерне сорта Талисман в острозасушливый год. Дальнейшее повышение доз минеральных удобрений вновь перестало оказывать влияние на содержание крахмала в зерне.

В сортах Отрада и Фома содержание крахмала характеризовалась зависимостью от уровня питания и погодных условий. Внесение удобрений в 2020 г. достоверно обеспечивало повышение содержания крахмала с 48,4 до 59,1% в зерне сорта Отрада, а у Фомы – с 45,5 до 54,8%. При дефиците почвенной влаги и жаркой погоде содержание крахмала в зерне сорта Отрада достоверно снижалось до 42,9-45,9%, а у сорта Фома – 44,7-47,2%. Было установлено, что в острозасушливый год влияние удобрений на содержание крахмала в этих сортах незначительное (приложение Ф).

Качественным показателем биохимического состава зерна считают отношение крахмала к протеину. Оптимальное отношение для рациона крупнорогатого скота – 0,12-0,18 ед. Более высокое значение указывает на несбалансированность корма и требует корректировки рациона (Bakharev A.A., Sheveleva O.M., Fomintsev K.A. [et al.], 2018). Зерно изучаемых сортов овса характеризовалось широким диапазоном крахмало-протеинового отношения. Выращивание овса на естественном и среднем агрофоне давало зерно с отношением 0,13-0,18 ед. без выявления сортовых особенностей и погодных условий. Повышенный агрофон, который был рассчитан на получение планируемой урожайности 4,0 т/га зерна, обеспечил оптимум отношения крахмала к протеину у изучаемых сортов в благоприятный 2020 г. В условиях острозасушливого года данное отношение возросло до 0,22 ед., за счёт увеличения содержания протеина.

На высоком агрофоне положительно себя проявили Талисман и Отрада, у которых зерно в 2020 г. имело оптимальное отношение крахмала к протеину. В острозасушливый год изучаемые сорта на высоком агрофоне не сформировали зерно с оптимальными характеристиками с точки зрения зоотехнии.

При отсутствии удобрений изучаемые сорта овса не имели существенных отличий по содержанию крахмала. В 2022 г. его величина варьировала от 45,7 до 47,3%. Внесение минеральных удобрений на планируемую урожайность 3,0 т/га достоверно увеличило содержание крахмала только у сорта Отрада. Различия между сортами Талисман и Фома недостоверны ($НСР_{05}=1,5\%$). На повышенном агрофоне содержание крахмала в зерне возросло от 50,4 (Талисман) до 54,5% (Отрада и Фома). Дальнейшее повышение уровня минерального питания не увеличивало содержание крахмала (высокий агрофон) или обеспечивало снижение (очень высокий агрофон) (приложение X).

По зоотехническим нормам зерно овса является наиболее ценным кормом по сравнению с пшеницей, рожью и тритикале (Николаева Н.А., Борисова П.П., Алексеева Н.М., Петрова С.А., 2023). Овёс выигрывает у других зерновых культур по комплексу показателей. Прежде всего это связано с особенностями строения крахмальных зёрен и их взаимодействия с белковыми компонентами (Остриков А.Н., Афанасьев В.А., Мануйлов В.В., 2017; Sinhmar Archana, Pathera Ashok [et al.], 2022). В отличие от яровой пшеницы, крахмал в зерне овса не формирует в желудочно-кишечном тракте животных трудноперевариваемых комплексов, а довольно быстро распадается на легко усваиваемые сахара. Очень важно для зерновых культур не столько количественное содержание крахмала и протеина, а их соотношение, которое крайне трудно добиться в зерновых культурах. Наиболее распространенным показателем ценности корма является сахаропротеиновое отношение (СПО), которое обычно рассчитывают для зерна через содержание крахмала. Это обусловлено тем, что крахмал является легко ферментируемым полисахаридом. По зоотехническим нормам оптимальное сахаропротеиновое отношение находится в диапазоне 0,12-0,19 ед. в пересчёте на крахмал (Ширнина Н.М., Галиев Б.Х., Быков А.В., 2018).

В среднем за три года исследований на естественном агрофоне, где не применяли минеральные удобрения, а также при их внесении на планируемую урожайность 3,0 т/га зерна ($N_{60}P_{20}$) СПО находился в диапазоне 0,14-0,16 ед., что соответствовало оптимуму. Сортовая принадлежность особой роли не играла – все отклонения были недостоверны ($F_{\text{факт.}} < F_{\text{теор.}}$ при $p=5\%$). На варианте с повышенным уровнем минерального питания ($N_{90}P_{40}$) сахаропротеиновое отношение в зерне сортов Талисман и Отрада достоверно увеличилось ($F_{\text{факт.}} > F_{\text{теор.}}$ при $p=5\%$) относительно контроля, достигнув верхней границы оптимума (0,19 ед.). Сорт Фома на этом уровне питания характеризовался стабильностью отношения крахмала к протеину на уровне контроля.

Дальнейшее повышение уровня минерального питания привело к тому, что сорта Отрада и Фома накопили достаточно высокое количество в зерне протеина, что обеспечило нарушение баланса – сахаропротеиновое отношение составило 0,21-0,23 ед., это на 31 и 64% соответственно выше значений контроля. Выявленная особенность не является критичной для кормления животных, однако для баланса рациона необходимо будет учитывать более высокое содержание протеина в зерне овса сортов Отрада и Фома, выращенных на полях с внесением минеральных удобрений из расчёта планируемой урожайности 5,0 и 6,0 т/га. Сахаропротеиновое отношение в зерне овса сорта Талисман, даже на очень высоком агрофоне ($N_{200}P_{80}$) оставалось на верхней границе оптимума, что является обоснованием использования его как зернофуражной культуры (рисунок 8).

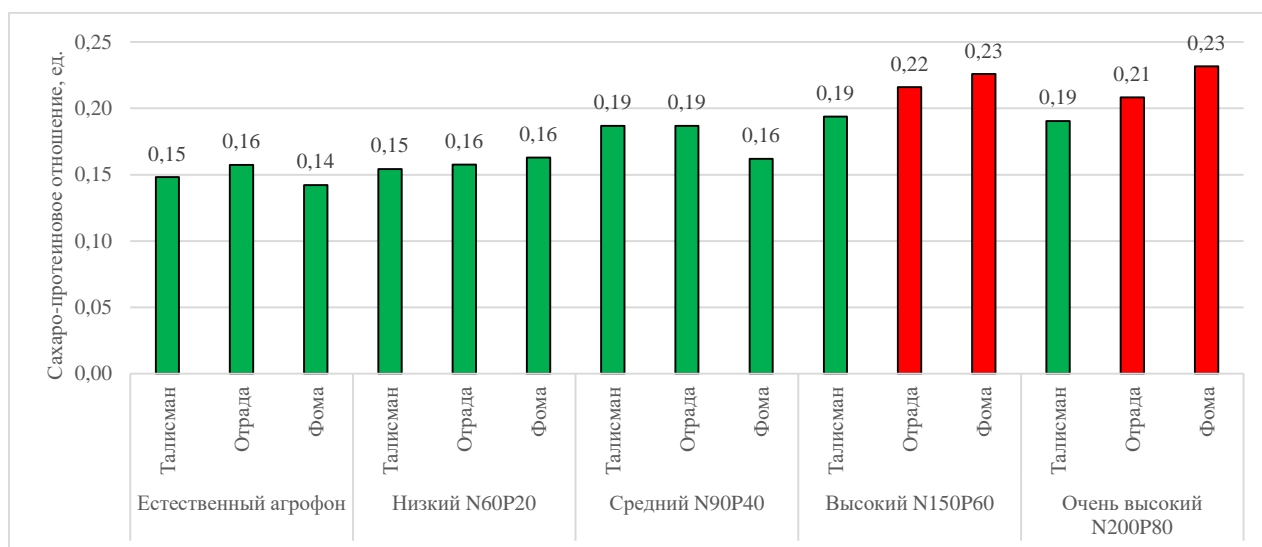


Рисунок 8 – Влияние уровня минерального питания на сахаропротеиновое отношение в зерне овса, ед. (2020-2022 гг.)

Кормовая ценность овса также обусловлена наличием масла в зерне. В последние годы на этот показатель стали обращать внимание разработчики функционального питания, которые и установили очень высокую ценность жирных кислот в зерне овса для здоровья человека. Наши исследования показали, что содержание масла в зерне овса контролируется на генетическом

уровне и абиотическими факторами. Сорты Тюменской селекции характеризуются относительно высоким содержанием масла – 3,12-3,24%. На вариантах с минеральными удобрениями содержание масла в зерне не увеличилось, а напротив, отмечалась определённая тенденция к его снижению.

В ходе проведения опытов было установлено, что содержание масла в зерне овса также зависит от сорта. В 2020 г. в зерне сорта Талисман содержание масла было равным $3,8 \pm 0,1\%$ при очень низком коэффициенте вариации ($CV=3\%$). Остальные сорта характеризовались более высоким содержанием: Отрада – $5,4 \pm 0,2$; Фома – $4,3 \pm 0,2\%$. Поскольку сорта выращивали на одном поле, вероятность влияния погодных условий и уровня минерального питания исключена. В 2021 г. когда был очень сильный дефицит влаги в почве и стояла жаркая погода, содержание масла в зерне овса достоверно не изменилось относительно предыдущего года.

На естественном агрофоне в условиях 2022 г. сорт Талисман сформировал зерно с минимальным содержанием масла – 3,7%. В этих же условиях сорта Фома и Отрада характеризовались достоверно более высоким показателями: 5,1 и 4,2% соответственно. Внесение минеральных удобрений на планируемую урожайность 3,0 т/га положительно отразилось на содержание масла у сортов Талисман и Отрада. Сорт Фома не реагировал на внесение удобрений в дозе $N_{60}P_{20}$. Дальнейшее повышение уровня минерального питания не оказало достоверного влияния на уровень содержания масла в зерне (приложение Ц). Внутрипольная вариабельность была очень низкой – коэффициент вариации по вариантам и годам исследований не превышал 10%, что указывает на стабильность содержания масла в зерне овса.

Проведение комплексного полевого опыта дало возможность выявления силы влияния каждого фактора и их взаимодействия. Было установлено, что урожайность изучаемых сортов овса на 48,5% зависит от уровня агрофона и на

32,9% от погодных условий вегетационного периода. Незначительная доля влияния сорта на формирование урожайности обусловлена тем, что Талисман, Отрада и Фома схожи по генотипу между собой.

Взаимодействие таких факторов как агрофон и погодные условия существенно ниже и составляет 13,7. Остальное взаимодействие достоверно, но незначительно в сравнениях с долей влияния факторов А и С.

По содержанию масла в зерне выявлена сортовая особенность – доля влияния этого фактора (В) составляет 88,9%, что указывает на стабильность сортов по данному показателю. Остальные факторы и их взаимодействия незначительны и их можно не учитывать. В отношении содержания крахмала в зерне овса выявлена высокая степень влияния погодных условий – 36,1%. Минеральные удобрения оказывают существенно меньшее влияние, чем погода, показатель влияния составляет 7,0%.

Также выявлено, что содержание крахмала в изучаемых сортах овса может изменяться под действием погодных условий – степень их взаимодействия (фактор ВС) составляет 14,1%. Чуть меньше совместное влияние удобрений (фактор А) и погодных условий (фактор С) – 9,7%. Данный факт указывает на то, что селекционерам при создании новых сортов овса необходимо уделить пристальное внимание генетической устойчивости сортов к различным погодным условиям (таблица 13, приложение Ш).

Таблица 13 – Показатель силы влияния изучаемых факторов на биохимические показатели зерна (2020-2022 гг.)

Источник вариации	Масло	Крахмал	Протеин
Фактор А (уровень минерального питания)	1,1	7,0	63,6
Фактор В (сорт)	88,9	3,4	7,6
Фактор С (погодные условия)	0,8	36,1	7,7
АV взаимодействие	1,1	7,1	8,6
АС взаимодействие	1,0	9,7	1,1
ВС взаимодействие	0,4	14,1	3,9
АВС взаимодействие	0,5	6,3	1,2

Содержание протеина, за которое прежде всего ценят овёс как кормовую культуру, на 63,6% зависит от уровня агрофона. Поэтому данный показатель можно регулировать технологическими приемами возделывания. Влияние сорта и погоды, как показали наши опыты, одинаковое – показатель силы влияния составляет 7,6-7,7%, что является достоверным, но незначительным.

Изучаемые сорта характеризуются низкой отзывчивостью на сочетание уровня агрофона (фактор А) и погодных условий (фактор С). Также очень низкая сила влияния комплексного взаимодействия удобрений, сортов и погоды. Это дает нам право считать, что содержание протеина в сортах Западно-Сибирской селекции лучше регулировать уровнем агрофона. Это дает возможность нивелировать влияние погодных условий при выращивании различных сортов овса в Западной Сибири.

5.3 Посевные качества

Энергия прорастания – показатель, который отвечает за дружные всходы, что в современном сельском хозяйстве является обязательным требованием, предъявляемым к посевному материалу. Энергия прорастания также, как и лабораторная всхожесть, – интегральный показатель, который сочетает в себе влияние погодных условий и элементов технологии возделывания культуры. Сортные или видовые особенности хоть и проявляются, но не имеют столь выраженного эффекта (Магарамов Б.Г., Куркиев К.У., 2018).

Зерно, которое формировалось на естественном агрофоне, характеризовалось относительно высокой энергией прорастания – 72-75% при НСР₀₅ частных различий 3,0% и точностью опыта 1,4%. Внесение удобрений из расчёта на планируемую урожайность 3,0 т/га зерна (N₆₀P₂₀) не оказало достоверного влияния на энергию прорастания.

Дальнейшее повышение уровня минерального питания негативно отразилось на данном показателе. Минимальная энергия прорастания была отмечена по всем сортам на очень высоком агрофоне, рассчитанном на 6,0 т/га

зерна – она составила 57-59%. Также необходимо отметить увеличение variability энергии прорастания до 8-10% с повышением уровня минерального питания, тогда как на контроле коэффициент вариации не превышал 5% (таблица 14, 15).

Таблица 14 – Влияние уровня минерального питания на энергию прорастания семян овса (2020-2022 гг.)

Агрофон	Талисман		Отрада		Фома	
	X_{cp}	CV, %	X_{cp}	CV, %	X_{cp}	CV, %
Естественный агрофон	72 ± 4	5	75 ± 3	4	72 ± 3	4
Низкий N ₆₀ P ₂₀	73 ± 3	3	76 ± 4	6	75 ± 3	4
Средний N ₉₀ P ₄₀	66 ± 5	8	63 ± 5	9	65 ± 2	3
Высокий N ₁₅₀ 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 (X_{cp}) – 0,9; точность опыта – 1,4 %; ошибка разности (S_d) – 1,3; критерий Стьюдента – 2; наименьшая существенная разность (НСР) частных различий – 3,0, CV – коэффициент вариации, %

Таблица 15 – Результаты трёхфакторного дисперсионного анализа энергии прорастания овса (2020-2022 гг.)

Источники вариации	S_x	S_d	НСР ₀₅	$F_{факт.}$	$F_{теор.}$	Влияние, %
Удобрения (фактор А)	0,4	0,6	1,1	393,9	2,4	68,2
Сорт (фактор В)	0,4	0,6	1,1	6,1	3,1	0,5
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 АВС	–	–	–	2,6	2,0	0,9

Трёхфакторный дисперсионный анализ показал, что энергия прорастания изучаемых сортов овса на 68% зависит от уровня агрофона и лишь на 18% – от погодных условий. 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 отличаться.

Основополагающим 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 неё 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 16). Для повышения всхожести в такой ситуации рекомендована дополнительная сортировка партий зерна с целью увеличения доли крупных семян.

Таблица 16 – Влияние уровня минерального питания на лабораторную всхожесть овса (2020-2022 гг.)

Агрофон	Талисман		Отрада		Фома	
	X_{cp}	CV, %	X_{cp}	CV, %	X_{cp}	CV, %
Естественный агрофон	91 ± 5	5	91 ± 6	6	91 ± 5	5
Низкий N ₆₀ P ₂₀	93 ± 4	4	93 ± 3	3	92 ± 5	6
Средний N ₉₀ P ₄₀	87 ± 4	4	84 ± 3	3	85 ± 2	2
Высокий N ₁₅₀ 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 (X_{cp}) – 1,4; точность опыта – 1,7 %; ошибка разности (S_d) – 1,9; критерий Стьюдента – 2; наименьшая существенная разность (НСР) частных различий – 4,0						

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 А (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.

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 (2015), в благоприятные годы овёс на высоком агрофоне способен дозреть и сформировать зерно с высокими посевными качествами. В условиях Северного Зауралья вероятность этого невысока.

Сортовых особенностей по лабораторной всхожести на разных агрофонах обнаружено не было – отклонения были в пределах НСР₀₅ по фактору В (сорт) – 1,6%. Уровень агрофона не повлиял на коэффициент вариации только у сорта Талисман – 4-5%. У сорта Отрада данный показатель на среднем и повышенном агрофоне снизился до 3%, но при увеличении дозы удобрений вариабельность вновь возросла. Отдельно нужно отметить сорт Фома, у которого неоднородность лабораторной всхожести на очень высоком агрофоне была существенно выше контроля: коэффициент вариации достиг 8%, что было максимальным среди изучаемых вариантов (таблица 17).

Таблица 17 – Результаты трёхфакторного дисперсионного анализа лабораторной всхожести овса (2020-2022 гг.)

Источники вариации	<i>S_x</i>	<i>S_d</i>	НСР ₀₅	<i>F</i> _{факт.}	<i>F</i> _{теор.}	Влияние, %
Удобрения (фактор А)	0,6	0,8	1,6	52,2	2,4	86,8
Сорт (фактор В)	0,6	0,8	1,6	1,8	3,1	–
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

На повышенном агрофоне (N₆₀P₂₀) зерно сортов Отрада и Фома характеризовалось очень низким варьированием лабораторной всхожести, что

указывает на возможность получения качественного семенного материала на полях с повышенным агрофоном.

Расчёт показателя силы влияния отдельных факторов показал, что лабораторная всхожесть на 86,8% зависит от минеральных удобрений. Сорт как фактор не оказал достоверного влияния ($F_{\text{факт.}} < F_{\text{теор.}}$). 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 $F_{\text{факт.}} > F_{\text{теор.}}$.

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

ГЛАВА 6 ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПОГЛОЩЕНИЯ NPK ОВСОМ ПРИ ВНЕСЕНИИ ВОЗРАСТАЮЩИХ ДОЗ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

6.1 Влияние минеральных удобрений на динамику содержания питательных веществ в пахотном слое

Чернозёмные почвы Западной Сибири характеризуются нестабильным азотным режимом, что обуславливает широкую вариабельность урожайности сельскохозяйственных культур (Чикишев Д.В., Абрамов Н.В., Ларина Н.С., Шерстобитов С.В., 2021). Содержание нитратов в слое 0-40 см пахотного чернозёма весной до внесения удобрений на контроле в среднем составило $7,2 \pm 1,0$ мг/кг. Вариабельность значений была отмечена по годам: от 5,9 (2022 г.) до 9,0 (2021 г.). Разница в содержании нитратного азота была обусловлена погодными условиями начала вегетации (приложение Ш). Не имели достоверного различия относительно контроля варианты, где вносили удобрения на планируемую урожайность 3,0 и 4,0 т/га зерновых культур. При более высоком уровне минерального питания, где удобрения вносились под предшественника (яровая пшеница), содержание нитратного азота было 9,4 и 10,3 мг/кг при стандартном отклонении 0,9 мг/кг. Достоверная разница по содержанию нитратов между вариантами и контролем обусловлена высокими дозами удобрений, рассчитанными на получении 5,0 и 6,0 т/га зерна яровой пшеницы, которые не были полностью израсходованы в предыдущий год.

Содержание азота нитратов во время кущения овса (первая декада июня) зависело от двух факторов: погодных (температура и влажность почвы), а также от дозы внесенных азотных удобрений. Нужно учесть такой момент как интенсивное поглощение азота овсом с момента всходов до кущения. Для выделения доли влияния каждого фактора был проведен дисперсионный анализ, который показал, что содержание нитратов зависит от дозы удобрений на 54,9%; погодных условий – 22,6% и генотипа – 3,4% при $F_{\text{факт.}} > F_{\text{теор.}}$; $p=5\%$ (приложение Ш).

Влияние взаимодействия уровня минерального питания и погодных условий (АС), составило 12,4%, что указывает на изменение эффективности поглощения нитратов в разные по увлажнению годы.

О сортовых особенностях усвоения азота также отмечали в ранее проводимых исследованиях (Кузнецов Д.А., Ибрагимова Г.Н., Калинина А.Д., 2015). В среднем за годы исследований на контроле содержание $N-NO_3$ варьировало от $8,1 \pm 1,6$ (сорт Фома) до $11,5 \pm 2,7$ (сорт Талисман) – разница между крайними значениями была статистически достоверна ($F_{\text{факт.}} > F_{\text{теор.}}$ при $p=5\%$). Данный факт указывает на более эффективное поглощение почвенного азота сортом Фома на ранних этапах онтогенеза, благодаря более мощной корневой системе.

Увеличение содержания нитратов в период от посева до кущения на контроле обусловлено активизацией почвенной микробиоты, обеспечивающей процесс нитрификации (Дёмина О.Н., Ерёмин Д.И., 2020; Назарюк В.М., Калимуллина Ф.Р., 2017).

В варианте с низким уровнем минерального питания ($N_{60}P_{20}$) содержание $N-NO_3$ во время кущения овса возросло относительно контроля и значений в период посева. В среднем за 2020-2022 гг. содержание нитратов увеличилось до $12,5 \pm 2,5$ (сорт Фома) и $15,9 \pm 4,2$ мг/кг. Накопительная часть азота составила: 19 кг/га (Фома); 24 кг/га (Отрада) и 30 кг/га (Талисман) при $НСР_{05}$ равном 3 кг/га. Как видно из данных сорт Фома более эффективно поглощает нитратный азот из почвы и удобрений уже на начальных этапах развития.

Внесение удобрений в дозе $N_{90}P_{40}$ кг/га способствовало увеличению содержания нитратов в слое 0-40 см во время кущения овса. Необходимо отметить, что под сортом Отрада содержание нитратного азота было максимальным – 20,7 мг/кг при достаточно высоком стандартном отклонении $\pm 7,5$ мг/кг. Выявленная особенность обусловлена тем, что минеральные удобрения в годы исследований растворялись неравномерно. В 2021 г., когда была аномально жаркая и сухая погода, удобрения, в том числе аммиачная

селитра не растворялись, тем самым увеличивая вариабельность содержания нитратов по удобренным вариантам. При среднем уровне минерального питания выделился сорт Талисман, который сумел к фазе кущения поглотить максимальное количество азота из почвы и удобрений. Менее эффективно поглощал азот из почвы сорт Отрада.

При более высоких дозах ($N_{150}P_{60}$ и $N_{200}P_{80}$) содержание нитратного азота в почве возросло до $19,6 \pm 7,2$ - $35,6 \pm 9,5$ мг/кг, что соответствовало высокой обеспеченности растений данным элементом питания. Было установлено, что на высоких агрофонах сорт Фома превосходит Талисман по потреблению азота из почвы ($F_{\text{факт.}} > F_{\text{теор.}}$ при $p=0,5$). Достоверной разницы между Фомой и Отрадой по эффективности поглощения азота в период всходы-кущение обнаружено не было.

Межфазный период кущение-вымётывание у зерновых культур выделяется активным поглощением питательных веществ из почвы и набором биомассы (Шахова О.А., Ерёмин Д.И., 2007). Агрохимический анализ показал, что содержание нитратного азота на контроле незначительно изменились. Под посевами сорта Талисман содержание $N-NO_3$ уменьшилось на 8% относительно фазы кущения. Под сортами Отрада и Фома, напротив, содержание нитратов возросло на 14 и 26% соответственно. Данный факт подтверждает, что сорта овса интенсивного типа менее эффективно поглощают питательные вещества на естественном агрофоне. Аналогичная особенность была отмечена у современных сортов яровой пшеницы (Казак А.А., Логинов Ю.П., Ерёмин Д.И., 2019; Гоман Н.В., Бобренко И.А., Попова В.В., Гайдар А.А., 2021).

Внесение удобрений в дозе $N_{60}P_{20}$, рассчитанной на планируемую урожайность 3,0 т/га зерна способствовало увеличению содержания нитратного азота в почве. В среднем его значение возросло до 12,5-15,9 мг/кг. Нужно отметить довольно высокое стандартное отклонение у сортов Талисман и Отрада, которое соответственно составило 26 и 29% относительно

средних значений. У сорта Фома доверительный диапазон был несколько уже – 20% относительно среднего. Эта особенность обусловлена особенностями поглощения азота в период кущения в разных гидротермических условиях года. Как отмечалось в ранее опубликованных работах, сорта овса имеют очень широкий диапазон реакции на засуху в период кущения (Исаева И.Ю., 2018; Ерёмин Д.И., Любимова А.В., Ахтямова А.А., 2023). Внесение дозы $N_{60}P_{20}$ не оказало достоверного влияния на содержание нитратов в слое 0-40 см – разница между вариантом и контролем была в диапазоне доверительных интервалов.

На варианте со средним уровнем минерального питания ($N_{90}P_{40}$) содержание нитратов в почве к моменту вымётывания варьировало от 13,3 мг/кг (Талисман) до 16,7 мг/кг (Отрада), что не имело существенных отличий относительно значений во время кущения. Данный факт, указывает на потребление азота из почвы на фоне усиления нитрификационной активности почвенной микробиоты. Наиболее детально этот механизм был изучен О.Н. Дёминой (2021). На высоких агрофонах ($N_{150}P_{60}$ и $N_{200}P_{80}$) содержание нитратов к фазе вымётывания уменьшилось в 2 раза, достигнув 16,2-21,7 и 13,6-17,2 мг/кг соответственно. Прослеживается определённая тенденция ускорения поглощения нитратов из почвы при повышении уровня минерального питания.

Вторая половина вегетации овса, обусловленная процессом налива зерна и его созревания, продолжалась постепенным поглощением минерального азота из почвы. На контроле этот процесс не выделялся – содержание нитратов осталось на прежнем уровне – 10,0-10,2 мг/кг почвы в фазу молочной спелости зерна. Поглощенный азот компенсировался нитрификацией. К полной спелости активность микробиоты снизилась и под сортами Отрада и Фома было зафиксированное достоверное снижение нитратов до 7,0-7,7 мг/кг почвы. Сорт Талисман в период дозревания зерна не поглощал азот, что является его сортовой особенностью.

Активное поглощение азота нитратов во второй половине вегетации отмечалось на всех удобренных фонах. При этом отмечалось достоверное снижение. Минимальное содержание нитратов (3,4 мг/кг) к началу уборочных работ было зафиксировано на варианте, где вносили удобрения из расчёта на планируемую урожайность 3,0 т/га под сорт Фома, а также при внесении $N_{90}P_{40}$ кг/га под сорт Талисман. Сорт Отрада характеризовался промежуточным поглощением нитратов (таблица 18).

Таблица 18 – Динамика содержания нитратного азота при внесении возрастающих доз удобрений под различные сорта овса, мг/кг (2020-2022 гг.)

Вариант (Фактор А)	Сорт (Фактор В)	Фенологические фазы				
		Посев	Кущение	Вымётывание	Молочная спелость	Полная спелость
Естественный агрофон	Талисман	7,2±1,0	11,5±2,7	10,6±1,8	10,2±1,9	9,6±0,5
	Отрада	7,5±1,0	9,0±1,4	10,5±2,0	10,2±1,8	7,7±0,5
	Фома	6,9±0,9	8,1±1,6	10,6±1,5	10,0±1,5	7,0±1,1
Низкий $N_{60}P_{20}$	Талисман	7,5±1,1	15,9±4,2	14,6±1,2	9,1±0,8	7,8±0,2
	Отрада	7,5±0,9	14,3±4,1	14,4±1,9	8,8±0,4	5,1±0,2
	Фома	7,1±1,1	12,5±2,5	13,3±2,0	9,8±1,4	3,4±0,4
Средний $N_{90}P_{40}$	Талисман	7,1±1,1	12,5±2,5	13,3±2,0	9,8±1,4	3,4±0,4
	Отрада	7,1±0,5	20,7±7,5	16,7±1,9	10,6±1,4	7,6±0,5
	Фома	7,1±0,8	15,9±4,8	14,6±1,7	10,2±1,8	6,4±0,7
Высокий $N_{150}P_{60}$	Талисман	9,5±1,2	30,8±7,8	21,7±4,0	13,4±3,7	8,5±2,3
	Отрада	9,3±0,8	21,6±6,2	18,2±4,1	11,8±3,3	7,4±1,0
	Фома	9,3±0,7	19,6±7,2	16,2±2,9	11,9±3,3	10,1±1,0
Очень высокий $N_{200}P_{80}$	Талисман	10,4±0,7	35,6±9,5	17,2±2,6	16,8±2,2	12,1±3,1
	Отрада	9,8±0,9	31,0±8,3	14,7±3,3	15,3±2,1	9,0±0,6
	Фома	10,6±1,1	26,7±7,7	13,6±4,1	13,9±2,8	6,6±1,9

На высоком агрофоне ($N_{150}P_{60}$) в межфазный период молочная-полная спелость достоверное снижение содержания нитратного азота произошло только под сортами Отрада и Талисман, что указывает на продолжение активной вегетации, тогда как сорт Фома уже не поглощал азот из почвы – разница была в пределах ошибки опыта ($HC P_{05}=3,0$ мг/кг). Наиболее интересным был вариант с очень высоким агрофоном ($N_{200}P_{80}$), где во время завершения вегетации началось поглощение азота у всех сортов овса.

Минимальная степень поглощения была у сорта Талисман – с 16,8 до 12,1 мг/кг. Сорта Отрада и Фома за этот же период уменьшили содержание нитратов в почве с 15,3 и 13,9 до 9,0 и 6,6 мг/кг почвы (Приложение Э). Это свидетельствует о проявлении ростовых процессов, что в условиях Западной Сибири может привести к вторичному куцению и затягиванию вегетации. Аналогичные результаты были получены в исследованиях В.В. Окоркова, О.А. Феновой, Л.А. Окорковой (2020); Г.Е. Мерзлой, А.Д. Федулова, А.Ю. Гавриловой (2022).

Подвижный фосфор является вторым фактором, лимитирующим урожайность зерновых культур в лесостепи Зауралья. Несмотря на высокие запасы валового фосфора в почве, доступная для растений часть составляет всего лишь несколько процентов (1-3%) (Ерёмин Д.И., 2016; Красницкий В.М., Шмидт А.Г. [и др.], 2020). Основная часть потенциально доступного фосфора в чернозёмах находится в двух формах: органоминеральных соединениях и моно-дифосфата кальция (Кучменко Е.В., Бирюкова О.А. [и др.], 2021). Это обуславливает достаточно стабильный фосфатный режим чернозёмов в агроэкосистемах, даже без внесения компенсационных доз удобрений (Абрамов Н.В., 2021; Воронкова Н.А., 2023).

Содержание подвижного фосфора в пахотном чернозёме выщелоченном на контроле перед посевом в среднем за три года составляло 71-72 мг/кг при стандартной ошибке 1 мг/кг почвы. Это соответствовало средней обеспеченности (51-100 мг/кг) зерновых культур данным элементом питания. По данным агрохимической станции «Тюменская» среднее содержание подвижного фосфора в пахотном чернозёме юга Тюменской области составляет 80-100 мг/кг почвы (Котченко С.Г., Краснова Е.А., 2021), что находится в той же категории обеспеченности. На варианте с внесением минеральных удобрений в дозе $N_{60}P_{20}$, что соответствует низкому агрофону, содержание подвижных фосфатов не имело достоверных отличий от контроля ($F_{\text{факт.}} < F_{\text{теор.}}$ при $p=5\%$).

На варианте с внесением дозы удобрений $N_{90}P_{40}$, рассчитанной на получение урожайности 4,0 т/га зерна, содержание подвижного фосфора перед посевом было достоверно выше контроля на 14-18% ($F_{\text{факт.}} > F_{\text{теор.}}$ при $p=5\%$). Это соответствовало той же категории средней обеспеченности подвижным фосфором. На вариантах с высоким ($N_{150}P_{60}$) и очень высоким агрофоном ($N_{200}P_{80}$) начальное содержание доступного для растений фосфора было равно $94-96 \pm 2$ и $101-103 \pm 3$ мг/кг почвы. Это более чем на 30 и 45% выше контроля соответственно.

Во время кущения содержание подвижного фосфора на контроле возросло до 72-74 мг/кг почвы при стандартной ошибке 1 мг/кг. Аналогичное повышение было зафиксировано на варианте с низким агрофоном, где содержание подвижных фосфатов достигло 75 мг/кг. Достоверная разница была только относительно содержания перед внесением удобрений. Данный факт обусловлен не только вносимыми фосфорными удобрениями, но и частичным переходом фосфора из недоступных форм в доступные под действием повышения температуры почвы и микробиоты (Каренгина Л.Б., Байкин Ю.Л., Байкенова Ю.Г., 2020; Шмидт А.Г., Бобренко Е.Г., 2021; Васбиева М.Т., Ямалтдинова В.Р., Фомин Д.С., 2021).

Положительная роль удобрений отмечалась при внесении $N_{90}P_{40}$ кг/га и выше. На варианте с максимальным уровнем минерального питания ($N_{200}P_{80}$) содержание подвижного фосфора во время кущения овса достигла 112-115 мг/кг при относительно высокой стандартной ошибке – 4 мг/кг, что объясняется неравномерностью поглощения удобрений по полю и степенью их растворения. Обеспеченность овса доступными фосфатами была повышенной (101-150 мг/кг). В 2021 г., который характеризовался как экстремально засушливый, содержание подвижного фосфора во время кущения овса составило 95 мг/кг, тогда как в оптимальный по увлажнению год (2022) – 128 мг/кг (приложение Ю). Это подтверждают выводы, сделанные рядом учёных, о роли влажности почвы в растворении удобрений и

трансформации фосфора в доступные для растений формы (Зайцева Г.А., Ряскова О.М., 2022).

К фазе вымётывания (цветения) содержание подвижного фосфора на изучаемых вариантах уменьшилось относительно кущения. На контроле, где урожайность овса формируется только за счёт естественных запасов питательных веществ, содержание доступного фосфора уменьшилось незначительно – с 72-74 до 68-69 мг/кг почвы. Лимитирующим фактором поглощения фосфора на контроле стала его неостребованность овсом, вызванная дефицитом минерального азота в почве. Об этой особенности неоднократно отмечали учёные из Омского ГАУ (Проберж Э.С., Дженис Ю.А., 2008). Вариант с низким агрофоном ($N_{60}P_{20}$) был идентичен по содержанию фосфатов с контролем, что указывает на полный расход внесённого с удобрениями фосфора. На среднем и высоком агрофоне часть фосфатов, соответствующая дозе вносимых удобрений, была поглощена овсом, о чём свидетельствует снижение содержания их в почве до $72-76\pm 1$ и $81-84\pm 1$ мг/кг соответственно. Аналогичная тенденция фиксировалась на варианте с дозой удобрений $N_{200}P_{80}$, лишь с большей разницей относительно первоначального содержания фосфора в почве.

Как отмечают исследователи, однолетние злаковые растения поглощают к моменту цветения до 90% необходимого им фосфора (Balcha Alemayehu, 2014). Проведённые нами исследования подтверждают сделанные ранее выводы зарубежными учёными. К моменту молочной спелости содержание подвижного фосфора остается на уровне предшествующих значений (вымётывание): контроль, низкий и средний агрофон. На вариантах с дозами удобрений: $N_{150}P_{60}$ и $N_{200}P_{80}$ кг/га, рассчитанными на планируемую урожайность 5,0, 6,0 т/га зерна отмечалось незначительное снижение содержания фосфора в почве, что обусловлено затягиванием вегетации под действием высоких доз удобрений. Столь существенного поглощения как в межфазный период кущение-вымётывание не происходило.

К началу уборочных работ (фаза полной спелости) содержание подвижного фосфора в почве оставалось на уровне значений молочной спелости (таблица 19). Различия между значениями были статистически недостоверны ($F_{\text{факт.}} < F_{\text{теор.}}$ при $p=5\%$).

Таблица 19 – Динамика содержания ($X_{\text{ср}} \pm SE$) подвижного фосфора в слое 0-40 см чернозёма выщелоченного при внесении возрастающих доз минеральных удобрений под разные сорта овса, мг/кг (2020-2022 гг.)

Вариант (Фактор А)	Сорт (Фактор В)	Фенологические фазы				
		Посев	Кущение	Вымётывание	Молочная спелость	Полная спелость
Естественный агрофон	Талисман	71±1	74±1	69±1	68±1	66±1
	Отрада	72±1	73±1	68±1	68±1	65±1
	Фома	71±1	72±1	69±1	66±1	64±1
Низкий N ₆₀ P ₂₀	Талисман	72±1	75±1	68±1	66±1	64±1
	Отрада	72±1	75±1	66±1	65±1	63±1
	Фома	71±1	75±1	64±1	62±1	60±1
Средний N ₉₀ P ₄₀	Талисман	83±2	89±2	76±2	74±2	72±2
	Отрада	81±1	87±2	72±1	70±2	68±1
	Фома	85±2	91±2	75±1	72±1	69±1
Высокий N ₁₅₀ P ₆₀	Талисман	96±2	105±2	84±1	80±1	78±1
	Отрада	94±2	103±3	81±2	77±1	75±1
	Фома	95±1	103±2	80±1	76±2	74±2
Очень высокий N ₂₀₀ P ₈₀	Талисман	101±2	112±4	88±1	84±1	81±1
	Отрада	103±3	113±4	89±2	84±1	82±1
	Фома	103±3	115±4	90±2	86±2	83±2

Таким образом, внесение минеральных удобрений в дозах, рассчитанных на получение планируемой урожайности от 3,0 до 4,0 т/га зерна овса обеспечивает полный расход вносимого фосфора и обуславливает тенденцию постепенного снижения содержания доступных для растений фосфатов. Внесение более высоких доз удобрений (N₁₅₀P₆₀ и выше) стабилизирует фосфатный режим чернозёма выщелоченного при получении урожайности овса более 4,0 т/га.

Для выявления роли погодных условий и сортовой особенности овса в поглощении фосфора из почвы был проведен трёхфакторный дисперсионный анализ.

Дисперсионный анализ показал, что эффективность поглощения фосфора и калия из почвы не зависит от сортовых особенностей овса ($F_{\text{факт.}} < F_{\text{теор.}}$ при $p=5\%$). Также недостоверны взаимодействия источников вариации, включающие фактор В (сорт): АВ; ВС и АВС. Установлено, что внесение азотных и фосфорных удобрений на планируемую урожайность до 6,0 т/га на 53,2% влияет на эффективность поглощения фосфора из почвы, калия – на 52,2%. Доказана также роль погодных условий (фактор С) в эффективности поглощения фосфора и калия из почвы – показатель степени влияния составил 17,7 и 15,4% соответственно. Взаимодействие факторов А и С имеет достоверное влияние ($F_{\text{факт.}} > F_{\text{теор.}}$ при $p=5\%$) – 9,1% для калия и 11,6 % – для фосфора (таблица 20).

Таблица 20 – Степень влияния факторов на эффективность поглощения фосфора и калия из почвы (дисперсионный анализ) (2020-2022 гг.)

Источник вариации	Фосфор			Калий		
	$F_{\text{факт.}}$	$F_{\text{теор.}}$	ПСВ, %	$F_{\text{факт.}}$	$F_{\text{теор.}}$	ПСВ, %
Фактор А (уровень минерального питания)	114,5	2,4	53,2	95,8	2,4	52,2
Фактор В (сорт)	2,6	3,1	0,6*	1,2	3,1	0,3*
Фактор С (погодные условия)	76,1	3,1	17,7	56,6	3,1	15,4
Взаимодействие АВ	0,3	2,0	0,3*	1,1	2,0	1,1*
Взаимодействие АС	12,5	2,0	11,6	8,4	2,0	9,1
Взаимодействие ВС	0,1	2,4	0,1*	2,8	2,4	1,5
Взаимодействие АВС	0,5	1,7	0,8*	0,8	1,7	1,8*
* – не имеют достоверного влияния; ПСВ – показатель силы влияния, %						

Калийный режим чернозёмных почв стабильный, а содержание подвижного калия, обычно достаточно высокое (Ерёмин Д.И., 2016; Красницкий В.М, Шмидт А.Г., 2018; Комиссарова И.В., Мирошниченко Н.В. [и др.], 2018; Пироженко В.В., Цыганков Д.Н., Мирошниченко О.Н., 2019; Бобренко И.А., Аксенова Ю.В., 2021;). Причинами высокой обеспеченности калием является, как природные факторы: почвообразующие породы, высокая ёмкость катионного обмена, так и антропогенные – систематическая заплата соломы, в которой содержится до 80-90% поглощенного ранее калия.

Биогенный вынос этого элемента питания очень быстро компенсируется за счёт наличия его в почвообразующих минералах, а при возникновении его дефицита, растения могут легко его поглощать из более глубоких и увлажнённых слоев. Этим агрохимия калия отличается от азота и фосфора (Сычев В.Г., 2000; Белоусова Е.Г., 2021).

Содержание подвижного калия на варианте без внесения удобрений в среднем за 2020-2022 гг. составило 167 ± 3 мг/кг почвы, что соответствовало высокой обеспеченности зерновых культур. Необходимо отметить, что опыт по изучению возрастающих доз минеральных удобрений на продуктивность зерновых культур на стационаре почвоведения и агрохимии было заложен ещё в 1995 г. и до настоящего времени на контрольных делянках удобрения не вносили. В качестве источника питательных веществ, в том числе и калия, были солома и пожнивно-корневые остатки. Этим объясняется очень высокая обеспеченность подвижным калием на вариантах, где систематически вносили минеральные удобрения, рассчитанные на планируемую урожайность более 4,0 т/га зерна от 185 ± 3 до 192 ± 4 мг/кг почвы.

Выращивание овса при отсутствии минеральных удобрений не оказало существенного влияния на содержание подвижного калия, которое к концу вегетации снизилось со 166 ± 3 до 155 ± 3 мг/кг почвы. Разница варьировала от 8 до 11 мг при наименьшей существенной разнице равной 8 мг/кг (фактор С). Столь низкий расход калия на фоне запашки соломы обеспечивает стабильность этого элемента питания. Аналогично контролю сформировался калийный режим на варианте с внесением удобрений в дозе $N_{60}P_{20}$, но только с более высоким расходом – 17-18 мг/кг. Как показали ранее проведённые исследования потери калия в таком количестве легко восстанавливаются за период с сентября до мая следующего года (Семизоров С.А., 2013).

На вариантах с внесением $N_{150}P_{60}$ и $N_{200}P_{80}$ кг/га снижение содержания подвижного калия было отмечено уже в фазу кущения. Расход в пересчёте на гектар составил 24-34 кг/га при стандартной ошибке 14 кг. Максимум

поглощения калия на вариантах с внесением удобрений на планируемую урожайность более 3,0 т/га пришёлся на период с момента кушения до вымётывания (цветения) овса. На очень высоком агрофоне ($N_{200}P_{80}$) содержание подвижного калия в этот период уменьшилось с 179-183 до 156-159 мг/кг при НСР равном 8 мг. Таким образом, максимум поглощения калия аналогичный подвижному фосфору (таблица 21). Эффективность поглощения калия не была столь зависима от погодных условий вегетационного периода. В 2021 г., когда была почвенная засуха, овёс поглощал фосфор в минимальной степени, тогда как расход калия был сопоставим с 2022 г. (приложение Я).

Таблица 21– Динамика подвижного калия в слое 0-40 см пахотного чернозёма выщелоченного при внесении возрастающих доз минеральных удобрений, мг/кг (2020-2022 гг.)

Вариант (фактор А)	Сорт (фактор В)	Содержание подвижного калия, ($X_{cp} \pm SE$)				
		Перед посевом	Кушение	Вымётывание	Молочная спелость	Полная спелость
Естественный агрофон	Талисман	167±3	165±3	165±3	164±3	157±2
	Отрада	166±3	164±3	160±3	162±3	155±3
	Фома	167±3	166±2	163±3	164±3	158±2
Низкий $N_{60}P_{20}$	Талисман	167±4	164±3	156±3	157±3	150±3
	Отрада	166±3	163±3	154±4	155±4	149±4
	Фома	166±4	163±4	154±3	155±3	148±3
Средний $N_{90}P_{40}$	Талисман	174±4	170±4	155±4	155±4	148±3
	Отрада	173±4	170±4	153±4	153±4	148±3
	Фома	175±4	170±4	156±4	157±4	149±3
Высокий $N_{150}P_{60}$	Талисман	192±4	186±4	165±2	164±2	158±2
	Отрада	189±3	184±3	168±2	168±2	161±2
	Фома	188±3	183±3	163±1	162±1	155±2
Очень высокий $N_{200}P_{80}$	Талисман	190±5	183±4	156±1	155±1	148±2
	Отрада	187±2	181±2	159±2	157±2	150±2
	Фома	185±3	179±2	157±2	155±2	148±2
НСР ₀₅ : для фактора А – 8; фактора В – 6; взаимодействие АВ – 9 мг/кг						

Ещё одной отличительной особенностью относительно динамики подвижного фосфора было то, что во второй половине вегетации овёс продолжал поглощать калий из почвы, хоть и в меньших количествах. Расход калия был достоверно выше ($F_{факт.} > F_{теор.}$), чем фосфора в этот же период

развития овса. К началу уборочных работ содержание подвижного калия в слое 0-40 см на удобренных вариантах уменьшилось до 148-161 мг/кг, что соответствовало высокой обеспеченности зерновых культур данным элементом питания.

Таким образом, внесение азотно-фосфорных удобрений, рассчитанных на получение урожайности овса от 3,0 до 6,0 т/га зерна, при запашке соломы не оказывает негативного влияния на калийный режим пахотного чернозёма выщелоченного. Запашка соломы, при отсутствии удобрений, стабилизирует калийный режим и поддерживает обеспеченность данным элементом питания на уровне высокой (121-180 мг/кг).

6.2 Содержание элементов минерального питания в зерне и соломе

Минеральные удобрения существенно изменяют качество продукции (Чикишев Д.В., Абрамов Н.В., Ларина, Н.С. [и др.], 2020). На фоне естественного плодородия почвы содержание азота в зерне варьировало от 1,16 до 1,21% при НСР₀₅ равном 0,04% (таблица 22). Внесение удобрений на планируемую урожайность 3,0 т/га зерна (N₆₀P₂₀) обеспечивало достоверное увеличение содержания азота в зерне сорта Фома (1,35%), у других сортов изменения были несущественными.

Таблица 22 – Содержание общего азота в овсе при различном уровне минерального питания, от воздушно-сухой массы, % (2020-2022 гг.)

Сорт (фактор В)	Продукция	Уровень минерального питания (фактор А)				
		Естественный агрофон	Низкий N ₆₀ P ₂₀	Средний N ₉₀ P ₄₀	Высокий N ₁₅₀ P ₆₀	Очень высокий N ₂₀₀ P ₈₀
Талисман	зерно	1,16	1,27	1,46	1,53	1,39
	солома	0,36	0,45	0,54	0,62	0,67
Отрада	зерно	1,21	1,25	1,60	1,92	1,70
	солома	0,36	0,47	0,37	0,37	0,53
Фома	зерно	1,17	1,35	1,58	2,05	1,96
	солома	0,34	0,48	0,36	0,46	0,60

НСР₀₅: зерно фактор А (сорт) – 0,02; фактор В (удобрения) – 0,03; взаимодействие АВ – 0,04
НСР₀₅: солома фактор А (сорт) – 0,03; фактор В (удобрения) – 0,05; взаимодействие АВ – 0,07

Дальнейшее повышение уровня минерального питания обусловило накопление азота в зерне овса у изучаемых сортов. Максимальную в опыте величину этого показателя отмечали у сорта Фома (2,05%) на высоком агрофоне ($N_{150}P_{60}$). В зерне сорта Талисман в этом же варианте содержание азота было достоверно ниже — 1,53%.

При внесении удобрений в дозе $N_{200}P_{80}$ содержание азота в зерне у сорта Талисман уменьшилось до 1,39%, Отрада – до 1,70%. Этот факт указывает на то, что при очень высоком уровне минерального питания растения физиологически не вызревают и часть органических соединений, содержащих азот, остается в соломе и листьях. В зерне сорта Фома содержание азота на очень высоком агрофоне находилось на уровне предыдущего варианта – 1,96% при $НСР_{05}$ равном 0,03% (фактор В).

Азот – главный элемент минерального питания, который любое растение запасает в пластических веществах. Для зерновых культур это преимущественно протеин (Казак А.А., Логинов Ю.П. [и др.], 2019). Поэтому по окончании вегетации в побочной продукции зерновых (солома и листья) содержание азота становится минимальным. В нашем опыте величина этого показателя на естественном агрофоне была минимальной и составляла 0,34-0,36%, что в 3 раза меньше, чем в зерне. При отсутствии удобрений сортовые особенности по содержанию азота в соломе не проявлялись. Внесение удобрений на планируемую урожайность 3,0 т/га (низкий уровень) привело к увеличению концентрации этого элемента в побочной продукции до 0,45-0,48% при $НСР_{05}$ равном 0,05%.

Наиболее интересным оказалось то, что при внесении удобрений в дозе $N_{90}P_{40}$ сорт Талисман продолжал накапливать азот в соломе, содержание которого перед уборкой достигало 0,54%. У сортов Отрада и Фома было зафиксировано уменьшение величины этого показателя, относительно предыдущего агрофона. Достоверных различий между этими сортами не

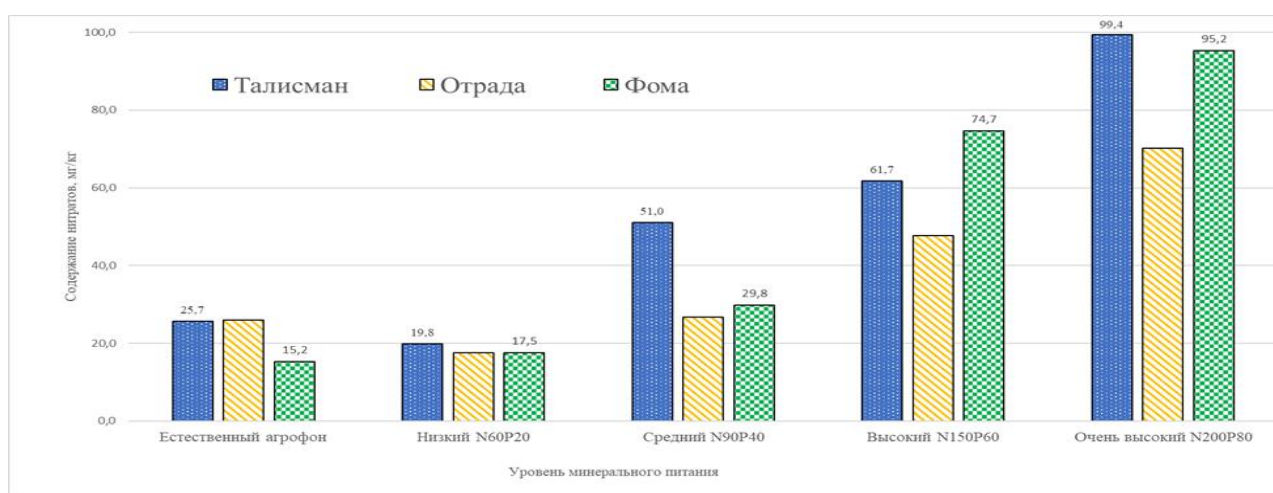
наблюдали, что обусловлено очень близким их сходством по генотипу (Любимова А.В., Мамаева В.С., Менщикова А.А., 2022). Причиной снижения концентрации азота в соломе сортов Отрада и Фома в варианте с повышенным уровнем минерального питания служит хорошее развитие растений в первой половине вегетации, а также улучшение физиологических процессов и биохимических реакций в ассимиляционном аппарате под действием дозы $N_{90}P_{40}$ (Любимова А.В., Ерёмин Д.И., 2021). На высоком уровне минерального питания ($N_{150}P_{60}$) содержание азота в соломе овса сорта Талисман возросло до 0,62%, что почти в 2 раза выше, чем в контроле. У сорта Отрада оно оставалось на уровне контроля. Это подтверждает, что Отрада – сорт интенсивного типа зернофуражного направления. Несмотря на его генетическое сходство с сортом Фома, по содержанию азота в соломе на высоком агрофоне они достоверно отличались. Внесение минеральных удобрений в дозе $N_{200}P_{80}$, рассчитанной на получение 6,0 т/га, затягивает вегетацию зерновых культур в Северном Зауралье на 12-14 суток (приложение В). Это объясняет повышенное содержание азота в соломе на высоких агрофонах. Максимум в опыте был отмечен у сорта Талисман – 0,67%. У сорта Отрада наблюдали наименьшую величину этого показателя – 0,53%, что достоверно ниже, чем у сорта Талисман ($НСР_{05}=0,03$).

Еще одним показателем физиологической незрелости принято считать наличие нитратов в зерне после уборки (Yakovets L., 2020). До недавнего времени на их содержание не обращали серьёзного внимания, но с развитием интенсивного животноводства требования к качеству кормов стали более высокими (Григорьев Д.Ю., Зиновьев С.В., Крюков В.С., 2022).

В ходе исследований было установлено, что содержание нитратного азота в зерне овса обусловлено сортовой спецификой. На фоне естественного плодородия почвы величина этого показателя у сортов Талисман и Отрада составляла 25,7-26,0 мг/кг. Достоверно ниже содержание нитратного азота было в зерне сорта Фома – 15,2 мг/кг. Внесение удобрений на планируемую

урожайность 3,0 т/га зерна (низкий уровень) достоверно уменьшало концентрацию N-NO₃ в зерне сортов Талисман и Отрада – до 19,8 и 17,6 мг/кг соответственно. У сорта Фома, напротив, была зафиксирована тенденция к её повышению до 17,5 мг/кг. Этот факт указывает на то, что в условиях Северного Зауралья внесение удобрений на планируемую урожайность 3,0 т/га стимулирует процесс физиологического созревания зерна овса, что положительно сказывается на качестве производимой продукции.

На повышенном уровне минерального питания (N₉₀P₄₀) сорт Талисман характеризовался резким увеличением содержания нитратов в зерне – 51 мг/кг, что более чем в 2 раза выше уровня предыдущего варианта. У сортов Отрада и Фома также был зафиксирован рост величины этого показателя, но не столь значительный – до 26,7 и 29,8 мг/кг соответственно (рисунок 9). Это служит доказательством сортовой реакции овса на повышение уровня минерального питания, а также может служить обоснованием того, что сорт Талисман в условиях лесостепи Зауралья при внесении удобрений на планируемую урожайность 4,0 т/га (N₉₀P₄₀) не успевает завершить физиологическое созревание. В результате чего может произойти ухудшение посевных и технологических качеств зерна (Суделовская А.В., 2009).



НСР₀₅: фактор А (удобрения) – 2,0; фактор В (сорт) – 1,5; взаимодействие АВ – 2,8 мг/кг

Рисунок 9 – Влияние минеральных удобрений на содержание нитратного азота в зерне овса, мг/кг (2020-2022 гг.)

В вариантах с высокими дозами удобрений ($N_{150}P_{60}$ и $N_{200}P_{80}$) содержание нитратного азота в зерне продолжало повышаться и достигало максимальных в опыте величин: у сорта Талисман – 99,4, у сорта Фома – 95,2 мг/кг. Сорт Отрада выделялся среди исследованных генотипов минимальным содержанием нитратов, с той же тенденцией их накопления с повышением уровня минерального питания.

Детализация содержания нитратов в зерне овса показала, что их накопление также зависит от гидротермических условий в период созревания. При тёплой и сухой погоде августа, содержание нитратов в зерне на высоких уровнях минерального питания существенно снижалось. В случае умеренно влажной и тёплой погоды августа их накопление достаточно высокое (до 120 мг/кг). В ходе дисперсионного анализа было установлено, что содержание нитратного азота в зерне овса на 17% зависит от фактора сорт, 45% от дозы удобрений, 33% от погодных условий, на 5% от иных факторов. Эти результаты не противоречат утверждениям других ученых, проводивших подобные исследования в разных природно-климатических зонах (Viana L.R., Dessureault P.L., Marty Ch. [et al.], 2022; McCabe C.P., Burke J.I., 2022).

Дисперсионный анализ показал, что содержание общего азота в зерне овса на 53,8% зависит от уровня минерального питания. Роль сортов достоверна и их вклад в накоплении азота (сырого протеина) на 11,3% зависит от генотипа. Выявлено, что погодные условия вегетации оказывают хоть и достоверное влияние, но не столь значительное – 7,6%. Столь низкое значение обусловлено относительно однотипными погодными условиями в годы исследований. Они были относительно жаркими и с дефицитом атмосферной влаги. Сортотная отзывчивость на минеральные удобрения, выраженная как «Взаимодействие АВ» также была достоверной и показатель силы влияния составил 9,5%. Остальные взаимодействия факторов были минимальны.

Нитратный азот, как указывалось ранее, является негативным фактором для зерна продовольственного назначения. Расчёт показал, что его содержание

практически полностью зависит от уровня минерального питания (фактор А) – показатель силы влияния максимален – 79,8%. Роль сорта (В) и погодных условий (С) достоверна – $F_{\text{факт.}} > F_{\text{теор.}}$ при $p=5\%$, однако доля влияния всего лишь 3,9 и 0,5% соответственно, чем можно пренебречь при разработке системы удобрений. Взаимодействие факторов А и В имеет более высокую степень влияния – 9,5% (таблица 23).

Таблица 23 – Влияние минеральных удобрений на содержание фосфора в зерне и соломе овса, % (2020-2022 гг.)

Вариант (Фактор А)	Сорт (Фактор В)	Зерно				Солома			
		<i>min</i>	<i>max</i>	$X_{\text{ср}} \pm SE$	CV	<i>min</i>	<i>max</i>	$X_{\text{ср}} \pm SE$	CV
Естественный агрофон	Талисман	0,81	0,90	$0,86 \pm 0,01$	2	0,19	0,35	$0,26 \pm 0,02$	13
	Отрада	0,99	1,26	$0,92 \pm 0,05$	7	0,19	0,34	$0,26 \pm 0,01$	5
	Фома	1,00	1,20	$1,11 \pm 0,03$	4	0,19	0,35	$0,27 \pm 0,01$	6
Низкий N ₆₀ P ₂₀	Талисман	0,80	0,90	$0,85 \pm 0,01$	3	0,20	0,34	$0,26 \pm 0,01$	4
	Отрада	0,98	1,25	$1,10 \pm 0,04$	7	0,19	0,35	$0,27 \pm 0,01$	3
	Фома	1,01	1,18	$1,10 \pm 0,02$	3	0,20	0,35	$0,28 \pm 0,01$	5
Средний N ₉₀ P ₄₀	Талисман	0,92	0,99	$0,96 \pm 0,01$	1	0,18	0,35	$0,27 \pm 0,01$	6
	Отрада	1,01	1,15	$1,08 \pm 0,01$	1	0,20	0,35	$0,27 \pm 0,01$	5
	Фома	1,10	1,20	$1,14 \pm 0,01$	1	0,21	0,34	$0,29 \pm 0,01$	5
Высокий N ₁₅₀ P ₆₀	Талисман	0,92	1,00	$0,97 \pm 0,01$	1	0,41	0,55	$0,48 \pm 0,01$	4
	Отрада	1,00	1,15	$1,08 \pm 0,01$	1	0,40	0,55	$0,47 \pm 0,01$	3
	Фома	1,11	1,20	$1,15 \pm 0,01$	1	0,41	0,55	$0,48 \pm 0,01$	4
Очень высокий N ₂₀₀ P ₈₀	Талисман	0,89	1,09	$1,00 \pm 0,04$	6	0,50	0,55	$0,52 \pm 0,01$	1
	Отрада	1,13	1,15	$1,14 \pm 0,01$	1	0,50	0,55	$0,53 \pm 0,01$	1
	Фома	0,95	1,35	$0,98 \pm 0,01$	2	0,50	0,55	$0,53 \pm 0,01$	1
НСР ₀₅	Фактор А	-	-	0,06	-	-	-	0,01	-
	Фактор В	-	-	0,05	-	-	-	0,03	-
	Взаимод. АВ	-	-	0,08	-	-	-	0,04	-
$X_{\text{ср}}$ – среднее значение, % от воздушно-сухой массы; SE – стандартная ошибка, %; CV – коэффициент вариации, %									

В ходе лабораторных испытаний было установлено, что изучаемые сорта отличалась друг от друга по содержанию общего фосфора в зерне. На контроле среднее содержание в зерне овса Талисман было минимальным – $0,86 \pm 0,01\%$ при варьировании от 0,81 до 0,90% по годам и повторениям. В зерне сорта Отрада данный показатель был выше – $0,92 \pm 0,05\%$ при НСР₀₅ равном 0,05%. Сорт овса Фома характеризовался максимальным содержанием

общего фосфора в зерне – $1,11 \pm 0,03\%$, что достоверно выше значений Талисмана и Отрады ($F_{\text{факт.}} > F_{\text{теор.}}$). Разброс между значениями *max* и *min* составил 0,20%, тогда как у Отрады он был выше – 0,27%. Это подтверждается и более высоким коэффициентом вариации – 7%.

Внесение удобрений на планируемые урожайности 3,0 и 4,0 т/га ($N_{60}P_{20}$ и $N_{90}P_{40}$) не оказали существенного влияния на содержание фосфора в зерне овса. Отклонения были в пределах стандартной ошибки и наименьшей существенной разницы. Были выражены сортовые особенности по содержанию фосфора в зерне изучаемых сортов овса при внесении удобрений $N_{60}P_{20}$ и $N_{90}P_{40}$.

На вариантах с внесением удобрений $N_{150}P_{60}$ и $N_{200}P_{80}$ кг/га была отмечена тенденция увеличения содержания фосфора в зерне сортов овса Талисман и Отрада. В зерне сорта Фома данный показатель варьировал в диапазоне 0,95-1,35% при среднем значении 1,15 и 0,98% соответственно.

Таким образом было установлено, что содержание фосфора в зерне овса находится в пределах 0,85-1,15%. Зависит преимущественно от сорта и в меньшей степени от уровня минерального питания, на котором произрастают данные сорта овса.

Содержание питательных веществ в побочной продукции также является важным критерием при разработке системы возделывания сельскохозяйственных культур. Особенно это касается зерновых культур, чья солома может быть запахана как органическое удобрение, использована на корм скоту или реализована для подстилки животных и птиц.

При отсутствии удобрений содержание фосфора в соломе в среднем было равно 0,26% с варьированием по годам и по повторениям от 0,19 до 0,35%. Нужно отметить достаточно высокий коэффициент вариабельности значений на естественном агрофоне – 5-13%, что обусловлено особенностями развития растений овса в условиях дефицита питательных веществ.

Внесение удобрений на планируемые урожайности 3,0 (N₆₀P₂₀) и 4,0 (N₉₀P₄₀) т/га не оказало достоверного влияния ($F_{\text{факт.}} < F_{\text{теор.}}$) на содержание фосфора в соломе изучаемых сортов овса – отклонения были в пределах наименьшей существенной разницы (по фактору А – 0,01; по фактору В – 0,03). Данный факт указывает на то, что весь поглощенный фосфор был использован для синтеза фосфорорганических соединений и транспортирован в зерно.

На вариантах с высоким (N₁₅₀P₆₀) и очень высоким (N₂₀₀P₈₀) уровнем агрофона содержание фосфора в соломе было существенно более высоким относительно контроля и вариантов с меньшими дозами удобрений. На варианте с внесением N₁₅₀P₆₀, который обеспечивал получение планируемой урожайности 5,0 т/га, содержание фосфора в соломе достигло 0,47-0,48% при стандартной ошибке 0,01%. Значения варьировали от 0,40 до 0,55% при низкой степени вариабельности значений по годам и повторениям – CV составил 3-4%. При дальнейшем повышении уровня минерального питания содержание фосфора в соломе изучаемых сортов овса возросло до 0,52-0,53%, что почти в 2 раза выше значений контроля. Нужно отметить, что сортовые особенности по содержанию фосфора в соломе овса на высоких агрофонах исчезли – отклонения были ниже наименьшей существенной разницы.

Данный факт обусловлен физиологическими особенностями овса, который максимально старается поглотить фосфор в первой половине вегетации. В условиях достаточного увлажнения и при наличии доступного фосфора в почве овёс продолжает его поглощать даже в фазу молочно-восковой спелости зерна. Полученные результаты являются достаточно весомым аргументом в пользу целесообразности заправки соломы на полях, где активно применяли фосфорные удобрения под зерновые культуры.

Несмотря на то, что калий входит в тройку основных элементов минерального питания, его роль существенно отличается от азота и фосфора. Калий находится только в виде ионов в цитоплазме клеток вегетирующих

частей растений и никогда не в составе органических соединений (Соловьев А.В., Сидорова Ю.В., 2022). По мере созревания зерновых культур, калий постепенно уходит из клеток зерновки, уступая белковым соединениям и крахмалу. Поэтому, в отличие от азота и фосфора, которые концентрируются в зерне и отчуждаются с поля с урожаем, калий остается в соломе и при ее запашке вновь вовлекается в малый биологический круговорот в агроэкосистеме.

Таблица 24 – Влияние минеральных удобрений на содержание калия в зерне и соломе овса, % (2020-2022 гг.)

Вариант (Фактор А)	Сорт (Фактор В)	Зерно				Солома			
		<i>min</i>	<i>max</i>	$X_{cp} \pm SE$	CV	<i>min</i>	<i>max</i>	$X_{cp} \pm SE$	CV
Естественный агрофон	Талисман	0,63	0,64	0,63±0,01	1	1,48	1,55	1,51±0,02	2
	Отрада	0,67	0,68	0,64±0,01	1	1,48	1,50	1,51±0,02	2
	Фома	0,59	0,63	0,61±0,01	3	1,47	1,53	1,50±0,01	2
Низкий N ₆₀ P ₂₀	Талисман	0,61	0,64	0,63±0,01	2	1,49	1,52	1,51±0,01	1
	Отрада	0,67	0,69	0,68±0,01	1	1,46	1,53	1,49±0,02	2
	Фома	0,61	0,64	0,63±0,01	3	1,49	1,50	1,50±0,01	1
Средний N ₉₀ P ₄₀	Талисман	0,64	0,66	0,65±0,01	1	1,70	1,73	1,71±0,01	1
	Отрада	0,67	0,70	0,68±0,01	2	1,69	1,70	1,70±0,01	1
	Фома	0,59	0,65	0,62±0,02	4	1,71	1,73	1,72±0,01	1
Высокий N ₁₅₀ P ₆₀	Талисман	0,63	0,64	0,63±0,01	1	1,75	1,77	1,76±0,01	2
	Отрада	0,66	0,68	0,67±0,01	2	1,75	1,77	1,76±0,01	2
	Фома	0,62	0,64	0,63±0,02	2	1,75	1,76	1,75±0,01	1
Очень высокий N ₂₀₀ P ₈₀	Талисман	0,64	0,66	0,65±0,01	2	2,19	2,21	2,20±0,01	2
	Отрада	0,66	0,69	0,68±0,01	2	1,96	2,03	1,99±0,02	2
	Фома	0,62	0,73	0,65±0,04	11	1,95	1,97	1,96±0,01	1
НСР ₀₅	Фактор А	-	-	0,04	-	-	-	0,01	-
	Фактор В	-	-	0,07	-	-	-	0,02	-
	Взаимод. АВ	-	-	0,09	-	-	-	0,03	-

X_{cp} – среднее значение, % от воздушно-сухой массы; SE – стандартная ошибка, %; CV – коэффициент вариации, %

Содержание калия в зерне изучаемых сортов овса в среднем варьировало от 0,62±0,02 до 0,68±0,01% при наименьшей существенной разнице взаимодействия АВ равной 0,09% (таблица 24). Анализ размаха вариации (*max-min*) также подтверждает отсутствие достоверной разницы как по уровням агрофона, так и по сортам. Единственным вариантом, в котором был

отмечен высокий коэффициент вариабельности содержания калия в зерне оказался сорт Фома, выращиваемый на очень высоком агрофоне ($N_{200}P_{80}$) – содержание общего калия варьировало от 0,62 до 0,73%. Причиной этого является физиологическая незрелость зерна, из которого не успел произойти отток калия в вегетативные части растений. Этому мнения придерживаются исследователи из Китая Ghulam Mustafa Kubar, Khalid Hussain Talpur, Aftab Ali Kubar (2018). Также нарушение оттока калия из зерна может произойти по причине быстрой потери влаги, вызванной высокой температурой в период созревания зерна (Theivasigamani Parthasarathi, Firdous Saiyyeda, David Einstein [et al.], 2022).

Химический анализ соломы овса показал, что на естественном и низком ($N_{60}P_{20}$) агрофонах содержание калия в среднем было равно $1,50 \pm 0,02\%$. С повышением уровня минерального питания содержание общего калия в соломе возросло до $2,10 \pm 0,02\%$. Сортowych особенностей по данному показателю установлено не было.

Таким образом, содержание общего калия в зерне не зависит от уровня минерального питания, сорта, и погодных условий вегетационного периода. Увеличение содержания калия в соломе является результатов видовой реакции на повышение уровня агрофона.

6.3 Хозяйственный и удельный вынос питательных веществ

Качественным агрохимическим показателем, который всегда используется при разработке системы удобрений под сельскохозяйственные культуры, является удельный вынос – количество питательных веществ на единицу товарной продукции. В агрохимии не заостряют внимание на сортowych особенностях поглощения питательных веществ, сводя всё только к виду растения. Как показали ранее проведённые исследования, удельный вынос питательных веществ у разных сортов отличается (Ерёмин Д.И., 2015).

Если это не учитывать, то существует вероятность перерасхода питательных веществ или неполучения планируемой урожайности.

Расчёты показали, что хозяйственный вынос азота при отсутствии удобрений (естественный агрофон) варьировал по сортам от 28 (Талисман) до 33 кг/га (Отрада). В перерасчёте на одну тонну зерна, изучаемые сорта не отличались друг от друга – удельный вынос составил 16 кг/т. Внесение удобрений в дозе N₆₀P₂₀ привело к увеличению биомассы овса и содержанию азота в соломе и зерне. Хозяйственный вынос при этом возрос до 55-59 кг/га (таблица 25). Для формирования 1 тонны зерна овса потребовалось от 15 (Талисман) до 18 кг (Отрада) азота. Сорт Фома занимал промежуточное положение и не отличался от контроля.

Дальнейшее повышение уровня минерального питания закономерно увеличивало хозяйственный вынос азота, который достиг максимума на варианте с внесением удобрений в дозе N₂₀₀P₈₀ кг/га – 146 кг/га (сорт Фома). Пересчёт выноса на единицу урожая подтверждает, что на высоких уровнях агрофона удельный вынос возрастает на 50-63% относительно контроля, достигая 24-27 кг/т зерна. Сортная особенность по удельному выносу проявляется только на варианте с очень высоким уровнем минерального питания, рассчитанном на получение 6,0 т/га: сорт Фома – 27; Отрада – 24 кг/т зерна.

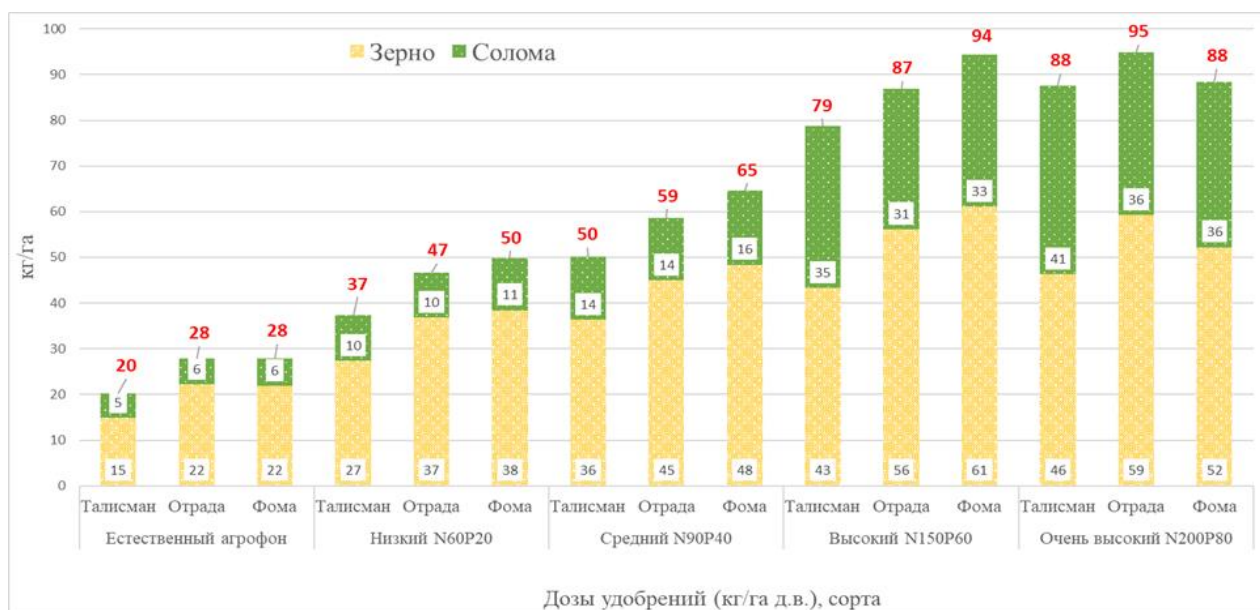
Таблица 25 – Влияние минеральных удобрений на вынос азота урожаем овса, кг/т (2020-2022 гг.)

Вариант	Хозяйственный вынос, кг/га			Удельный вынос, кг/т зерна		
	Талисман	Отрада	Фома	Талисман	Отрада	Фома
Естественный агрофон	28	33	31	16	16	16
Низкий N ₆₀ P ₂₀	58	59	55	15	18	16
Средний N ₉₀ P ₄₀	83	85	84	22	20	20
Высокий N ₁₅₀ P ₆₀	115	125	141	26	24	26
Очень высокий N ₂₀₀ P ₈₀	118	124	146	25	24	27

Таким образом было установлено, что удельный вынос азота сортами овса интенсивного типа отличается от нормативных показателей,

общепринятых для РФ (35-40 кг/т зерна) и используемых для расчёта доз удобрений на планируемую урожайность. Аналогичный вывод был сделан М.А. Алешиным и А.А. Завалиным (2022) по результатам многолетних агрохимических опытов.

Химический анализ соломы и зерна даёт возможность рассчитать хозяйственный вынос питательных веществ фосфора на единицу площади. Наши расчёты показали, что на контроле хозяйственный вынос фосфора сортом овса Талисман составил 20 кг/га, из которых 75% отчуждается с зерном. Сорта Отрада и Фома характеризовались более высоким значением хозяйственного выноса – 28 кг/га, из которых почти 80% сосредоточено в зерне. Таким образом, уже на контроле можно установить сортовую особенность расхода фосфора из почвы (рисунок 10).



НСР₀₅ зерно: для фактора: А (удобрения) – 8; В (сорт) – 5; АВ – 10.

НСР₀₅ солома: для фактора: А (удобрения) – 3; В (сорт) – 2; АВ – 6.

Рисунок 10 – Хозяйственный вынос фосфора при внесении минеральных удобрений на планируемую урожайность овса, кг/га (2020-2022 гг.)

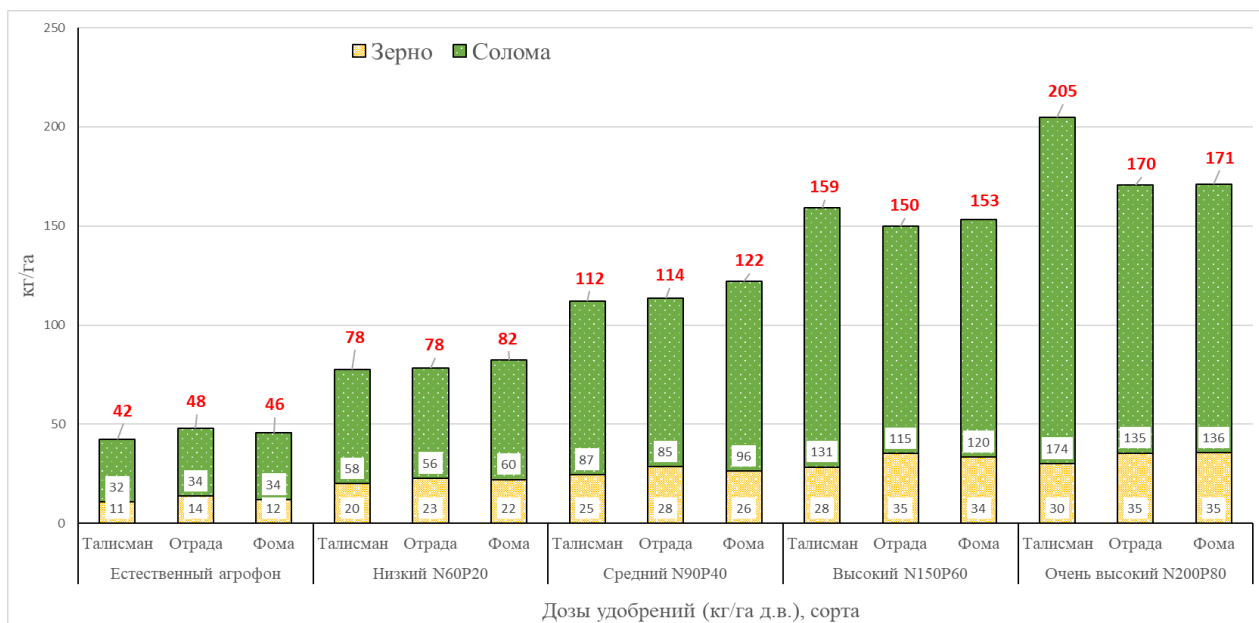
Внесение возрастающих доз минеральных удобрений увеличивало биомассу овса, что положительно отразилось на хозяйственном выносе фосфора. На варианте с внесением удобрений в дозе N₆₀P₂₀ хозяйственный

вынос составил: у сорта овса Талисман – 37 кг; у сортов Отрада и Фома 47 и 50 кг/га соответственно. Это указывает на меньшую эффективность усвоения фосфора сортом Талисман, что неминуемо скажется на урожайности зерна и его технологических качествах. Соотношение между содержанием фосфора в зерне и соломе не имело существенных различий относительно контроля.

Дальнейшее повышение уровня минерального питания обеспечило увеличение хозяйственного выноса фосфора до 79-94 кг/га. Максимум приходился на вариант с внесением удобрений в дозе $N_{150}P_{60}$ кг/га, что обеспечивало формирование планируемой урожайности овса 5,0 т/га. На максимальном агрофоне ($N_{200}P_{80}$) данный показатель незначительно увеличился у сорта Отрада, но уменьшился с 94 до 88 кг/га у сорта овса Фома. Необходимо отметить тот факт, что выращивание овса на высоких агрофонах ($N_{150}P_{60}$ и $N_{200}P_{80}$) приводит к увеличению доли фосфора в соломе, что указывает на незавершенность процессов созревания на физиологическом уровне. Это может стать теоретическим обоснованием необходимости смещения срока посева в более ранний период при планировании получения высоких урожаев зерна овса.

Хозяйственный вынос калия складывается, преимущественно, за счёт содержания его в соломе овса. Вынос калия с зерновой продукцией на естественном агрофоне, где минеральные удобрения не вносили варьировал незначительно – от 11 до 14 кг/га. Количество же калия в соломе на этом варианте было значительно больше – 32-34 кг/га, что составляет 73-75% хозяйственного выноса. С повышением урожайности, соответственно увеличивается выход побочной продукции (соломы), что отражается на хозяйственном выходе. На варианте с максимальным агрофоном ($N_{200}P_{80}$) хозяйственный вынос составил 170-171 кг/га для сортов Отрада и Фома. На долю калия, сосредоточенного в соломе этих сортов, приходилось 80% хозяйственного выноса. Необходимо отметить сорт Талисман, чей хозяйственный вынос калия был достоверно выше ранее названных сортов –

205 кг/га ($F_{\text{факт.}} > F_{\text{теор.}}$ при $p=5\%$). Увеличение хозяйственного выноса произошло за счёт нарастания большей вегетативной массы относительно Фомы и Отрады. Об этом свидетельствует также меньшая разница в хозяйственном выносе на варианте с высоким агрофоном ($N_{150}P_{60}$): Талисман – 159 кг/га; Отрада и Фома – 150 и 153 кг соответственно (рисунок 11).



HCP₀₅: по фактору А (уровень минерального питания) – 5; по фактору В (сорт) – 4; взаимодействие АВ – 7.

Рисунок 11 – Хозяйственный вынос калия при внесении возрастающих доз минеральных удобрений под сорта овса Тюменской селекции, кг/га (2020-2022 гг.)

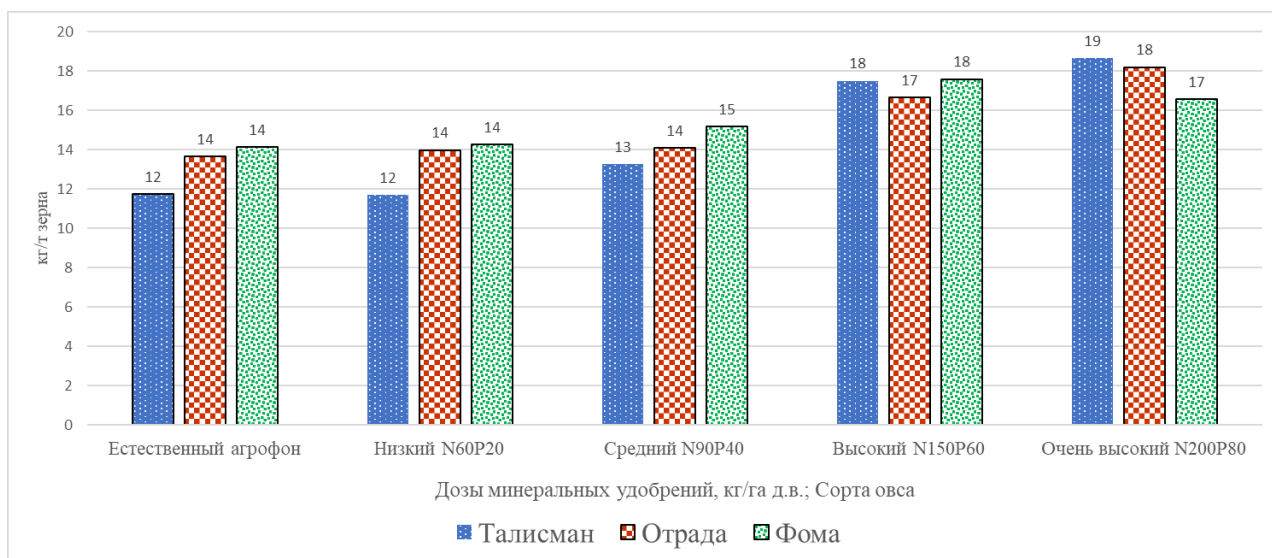
Полученные результаты являются теоретическим обоснованием целесообразности заправки соломы овса на полях, что даёт возможность до 75% поглощенного калия вернуть в почву, тем самым стабилизируя калийный режим пашни и уменьшая биогенный вынос элементов минерального питания.

Таким образом, хозяйственный вынос зависит от уровня минерального питания. Сортные особенности овса в отношении хозяйственного выноса не выявлены.

В ходе исследований было установлено, что на контроле и вариантах с внесением удобрений в дозах $N_{60}P_{20}$ и $N_{90}P_{40}$ кг/га удельный вынос фосфора

варьировал по сортам от 12 до 15 кг/т зерна. Достоверных отличий по сортам и указанным уровням минерального питания обнаружено не было ($F_{\text{факт.}} < F_{\text{теор.}}$) – различия были в пределах НСР (удобрения – 3 кг/т; сорт – 4 кг/т).

На вариантах с внесением удобрений на планируемые урожайности 5,0 т/га ($N_{150}P_{60}$) и 6,0 т/га ($N_{200}P_{80}$) удельный вынос фосфора увеличился до 17-19 кг/т зерна (рисунок 12). Это необходимо учитывать при разработке зональной системы удобрений под современные сорта овса интенсивного типа.



$НСР_{05}$: по фактору А (удобрения) – 3; по фактору В (сорт) – 4; АВ – 6.

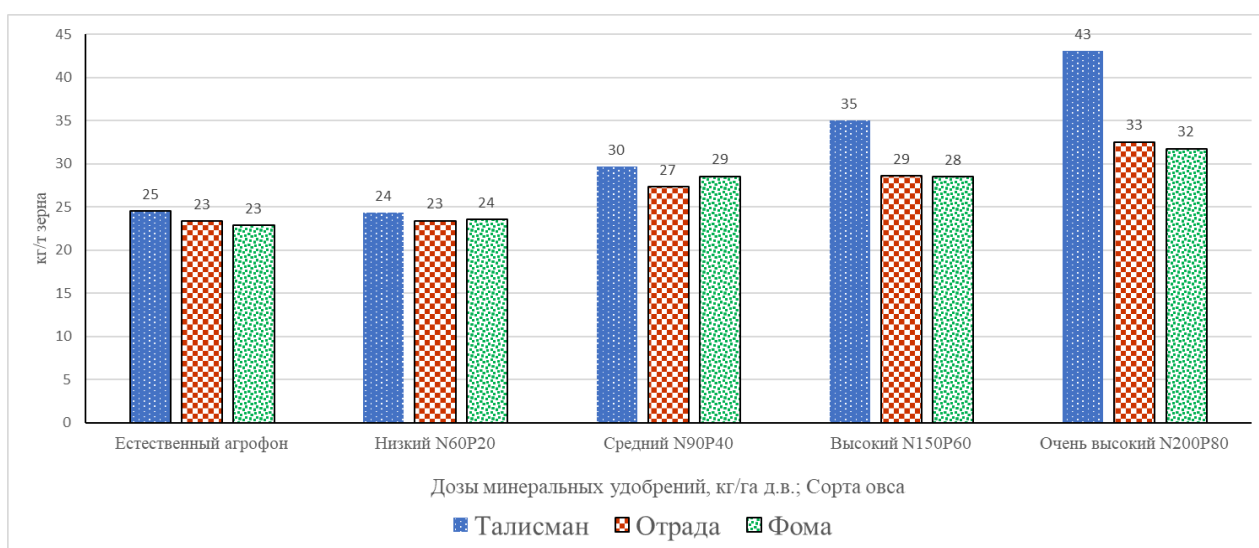
Рисунок 12 – Удельный вынос фосфора на 1 тонну зерна овса, кг/т (2020-2022 гг.)

Удельный вынос питательных веществ, является нормативной частью разрабатываемых систем удобрений для любых сельскохозяйственных культур (Товстик Е.В., Скугорева С.Г. [и др.], 2022). Традиционно считается, что удельный вынос не является сортовой особенностью и определяется для всего вида.

Исследования, проведенные на протяжении трёх лет и на трёх сортах овса, показали, что удельный вынос калия на естественно агрофоне и при внесении удобрений на планируемую урожайность до 4,0 т/га зерна ($N_{150}P_{60}$) варьирует в диапазоне от 23 до 30 кг/т зерна при наименьшей существенной

разнице: фактора $A=4,0$ кг и взаимодействия $AB - 7$ кг/т зерна. Это подтверждает ранее проведенные исследования ряда учёных (Чуб М.П., Пронько В.В., Ярошенко Т.М. [и др.], 2016; Конончук В.В., 2016), что удельный вынос не зависит от указанных выше факторов.

На высоких агрофонах, рассчитанных на получение планируемой урожайности 5,0 и 6,0 т/га зерна ($N_{150}P_{60}$ и $N_{200}P_{80}$ соответственно) удельный вынос калия увеличился до 28-33 кг/т (сорта Отрада и Фома), что достоверно выше значений предыдущих вариантов ($F_{\text{факт.}} > F_{\text{теор.}}$ при $p=5\%$) (рисунок 13).



HCP_{05} : по фактору A (удобрения) – 4; по фактору B (сорт) – 3; $AB - 7$.

Рисунок 13 – Удельный вынос калия на 1 тонну зерна овса, кг/т (2020-2022 гг.)

Необходимо отметить сорт Талисман, который на высоких агрофонах существенно увеличил удельный вынос калия – 35 и 43 кг/т зерна соответственно. Причиной этого явилось то, что данный сорт на этих агрофонах формировал мощную надземную систему из большого количество непродуктивных стеблей (приложение М-П). Это повлекло за собой увеличение хозяйственного выноса калия, и как следствие, повлияло на значения удельного выноса калия.

Таким образом, удельный вынос калия не зависит от сорта овса, но необходимо учитывать, что при планировании урожайности овса свыше 4,0 т/га необходимо удельный вынос калия увеличить на 35% (33 кг/т зерна).

6.4 Балансовый коэффициент использования питательных веществ

В вариантах с внесением доз удобрений $N_{60}P_{20}$ и $N_{90}P_{40}$ балансовый коэффициент использования азота, который определяется как отношение хозяйственного выноса к дозе азота, варьировал от 91 (Фома) до 96% (Талисман), что указывает на эффективное поглощение азота удобрений. Для формирования планируемой урожайности 3,0 и 4,0 т/га в почве остается не более 10% азота удобрений, который будет быстро вовлечён в процесс трансформации растительных остатков почвенной микробиотой (Ерёмин Д.И., Ахтямова А.А., 2017) (рисунок 14).

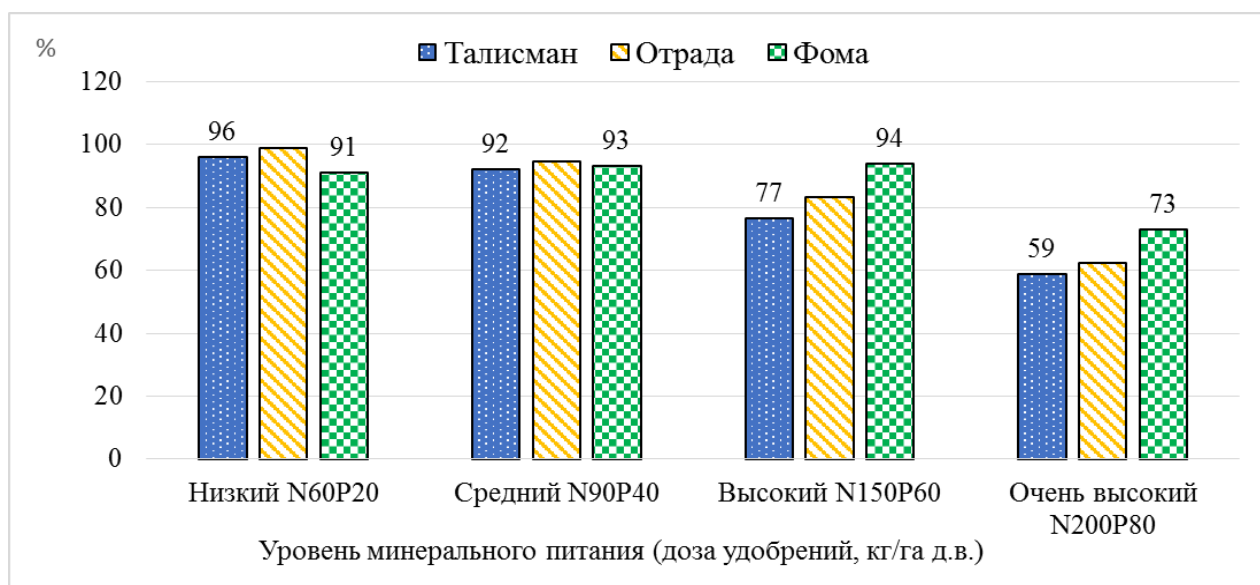


Рисунок 14 – Балансовый коэффициент использования азота овсом из удобрений, % (2020-2022 гг.)

Увеличение дозы удобрений до $N_{150}P_{60}$ выявило сортовые особенности овса. Сорт Талисман для формирования 5,0 т/га использовал азот удобрений на 77%, а оставшаяся часть оказалась не востребованной или по разным причинам недоступной растениям. В условиях интенсификации земледелия

это может привести к нарушению оптимального соотношения между питательными веществами, усилению минерализации почвенного органического вещества и тем самым к ухудшению плодородия почв пашни.

Как оказалось, в благоприятных условиях вегетационного периода (2020 и 2022 гг.) изучаемые сорта эффективно поглощают азот удобрений при внесении высоких доз удобрений до $N_{200}P_{80}$. В условиях дефицита почвенной влаги (2021 г.) поглощение резко снижается и начинает проявляться сортовая специфика. Этот факт указывает на то, что при создании новых сортов овса необходима разработка сортовой системы удобрений для конкретных природно-климатических зон.

Оценку эффективности поглощения фосфора из удобрений лучше проводить по балансовому коэффициенту использования питательных веществ из удобрений (КИУ). Наши расчёты показали, что балансовый КИУ при низкой дозе удобрений ($N_{60}P_{20}$) сильно зависит от сорта овса: Талисман – 187%; Отрада и Фома – 234 и 249%, что доказывает наиболее высокую эффективность поглощения фосфора. Значения более 100% являются признаком того, что планируемый урожай формируется не только за счёт удобрений, но и за счёт существующих почвенных запасов. Поэтому слишком высокие значения указывают на процесс истощения почвы фосфором, что негативно может сказаться на урожайности последующей культуры.

При систематическом внесении минеральных удобрений на планируемую урожайность 3,0 т/га в дозе $N_{60}P_{20}$ обеспеченность почвы подвижным фосфором будет снижаться.

На вариантах, где удобрения вносили из расчёта получения планируемой урожайности 4,0 и 5,0 т/га зерна овса, балансовый КИУ уменьшился до 125-162% и 131-157% соответственно. При этом сортовые особенности эффективности поглощения фосфора достоверно ($F_{\text{факт.}} > F_{\text{теор.}}$) проявляются – разница между Талисманом и Фомой составляла 20-30%. Это еще раз

доказывает необходимость учёта сортовых особенностей современных сортов овса при разработке системы удобрений (рисунок 15).

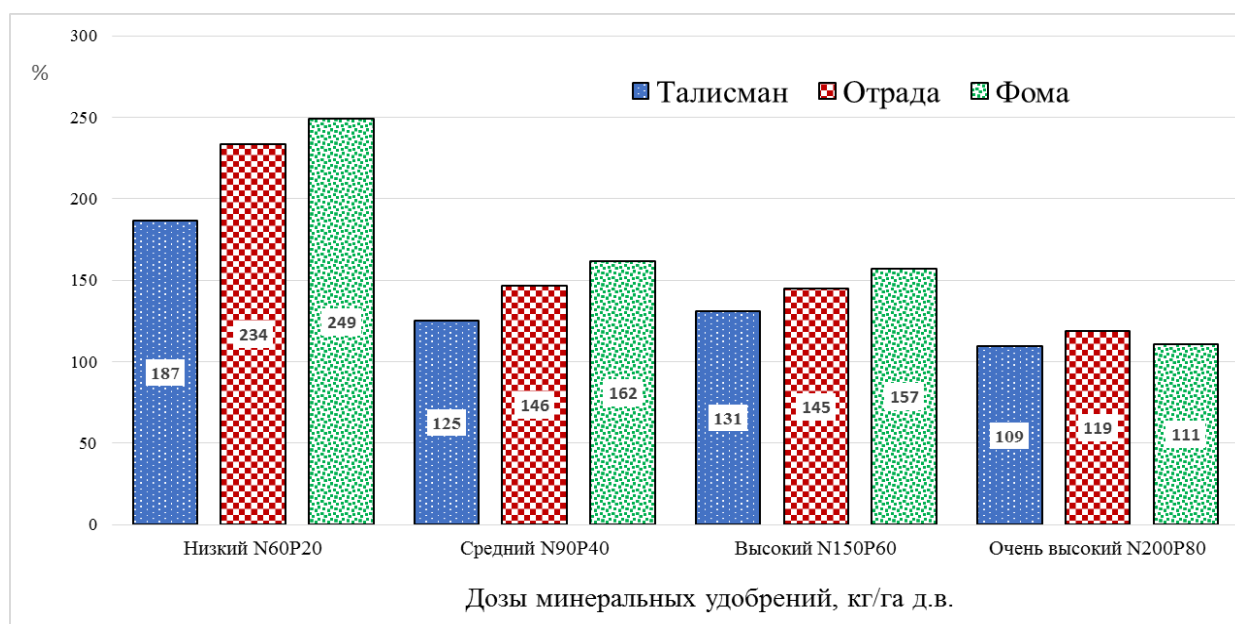


Рисунок 15 – Балансовый коэффициент использования фосфора из удобрений сортами овса при разном уровне минерального питания, % (2020-2022 гг.)

Результат, наиболее приближенный к 100% балансового КИУ, был на варианте с максимальной насыщенностью удобрениями – N₂₀₀P₈₀ кг/га. Это обусловлено тем, что в отдельные годы планируемая урожайность 6,0 т/га зерна не была получена и урожай формировался преимущественно за счёт фосфора из минеральных удобрений.

ГЛАВА 7 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВНЕСЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ПЛАНИРУЕМУЮ УРОЖАЙНОСТЬ ОВСА

7.1 Экономическая эффективность

Экономическая эффективность выращивания овса по интенсивным технологиям, где предусматривается обязательное внесение минеральных удобрений, сильно зависит от рыночной стоимости агрохимикатов. Для актуализации данных нами был проведён экономический анализ по ценам весны 2022 г. Стоимость 1 тонны аммиачной селитры (содержание азота 34,5%) составила 21 тыс. руб., аммофос, в котором содержится 12% азота и 52% фосфора, 42 тыс. руб. за тонну.

Для получения планируемой урожайности 3,0 т/га овса требуется внесение 160 кг селитры и 40 кг аммофоса, что соответствует дозе $N_{60}P_{20}$. При общих затратах на выращивание овса 20650-20673 руб./га на долю удобрений приходится 24-25%. С повышением уровня минерального питания требуются всё более высокие дозы удобрений, поскольку прибавка на таких вариантах формируется преимущественно именно за счёт них, а не почвенного плодородия. Особенно это видно при сравнении вариантов с планируемой урожайностью 4,0 ($N_{90}P_{40}$) и 5,0 т/га зерна ($N_{150}P_{60}$). Для создания определенного уровня минерального питания на гектар посевов требуется 230-400 кг селитры и 80-120 кг аммофоса. Затраты на удобрения составили 8190 и 29323 руб./га, что соответствовало 34 и 46% для вариантов с планируемой урожайностью 4,0 и 5,0 т/га. Общие затраты на получения такой урожайности соответственно были 23945-23980 и 33660-33711 руб./га, что более чем 2 раза выше контроля. Для многих хозяйств РФ это крайне высокие затраты, что является главной причиной отказа от перехода на интенсивные технологии возделывания зерновых культур.

Для получения 6,0 т/га зерна овса в условиях лесостепи Зауралья требуется 520 кг аммиачной селитры и 160 кг аммофоса. Их стоимость составляет 17640 руб./га – более половины прямых затрат на выращивание овса. Столь высокие дозы обусловлены низким эффективным плодородием чернозёмов Сибири, что приводит к необходимости формирования высоких урожаев только за счёт удобрений. Также нельзя не отметить и диспаритет цен на сельскохозяйственную продукцию и минеральные удобрения, себестоимость производства которых, значительно ниже, чем их рыночная стоимость (Абрамов Н.В., 2020). Общие затраты на варианте с максимальной насыщенностью удобрениями (N₂₀₀P₈₀) составили 33660-33711 руб./га (рисунок 16).

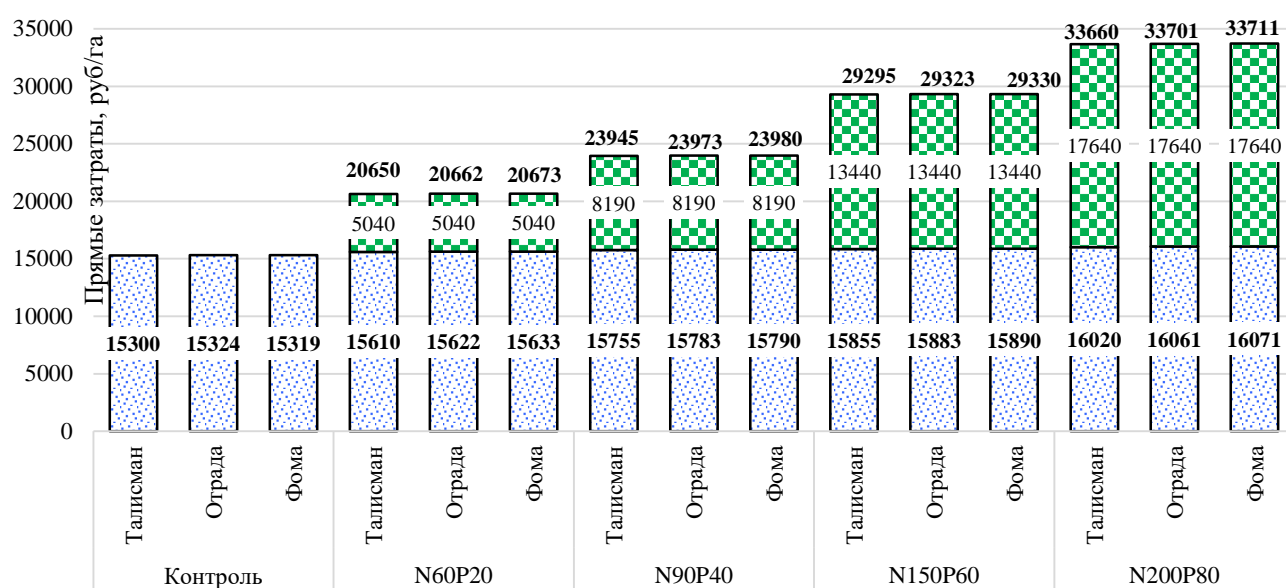


Рисунок 16 – Вклад минеральных удобрений в формирование прямых затрат на выращивание овса при различном уровне минерального питания, руб./га (2020-2022 гг.)

Основная доля стоимости удобрений для получения планируемых урожаев, приходится на аммиачную селитру. Следует учесть, что обеспеченность посевов овса на опытном участке фосфором варьировала от средней до повышенной, в зависимости от уровня минерального питания предшественника. В производственных условиях часто встречаются поля с

низкой и даже очень низкой обеспеченностью подвижными фосфатами (Дёмин Е.А., Барабанщикова Л.Н., 2021), что изменит соотношение стоимости селитры и аммофоса и это приведёт к очень серьёзному увеличению затрат на выращивание овса даже при планировании урожая на 3,0 т/га зерна (таблица 26).

Таблица 26 – Структура стоимости удобрений на планируемую урожайность овса (2020-2022 гг.)

Вариант	Доза, кг/га	Физическая масса, кг/га		Стоимость удобрений, руб.	
		Аммиачная селитра	Аммофос	Аммиачная селитра	Аммофос
Естественный агрофон	0	0	0	0	0
Низкий	N ₆₀ P ₂₀	160	40	3360	1680
Средний	N ₉₀ P ₄₀	230	80	4830	3360
Высокий	N ₁₅₀ P ₆₀	400	120	8400	5040
Очень высокий	N ₂₀₀ P ₈₀	520	160	10920	6720

При расчёте прибыли от внесения минеральных удобрений была взята цена реализации овса 9500 руб./т. В условиях рыночной экономики фиксированная цена на продукцию отсутствует, поэтому была использована усредненная цена реализации из открытых интернет-источников. В зависимости от целевого назначения и качества зерна цена может варьировать в диапазоне от 7500 до 12500 руб./т для крупяного производства.

Как показали расчёты при отсутствии минеральных удобрений (контроль) прибыль была минимальна. Очевидна стала разница по сортам: Талисман – 1058; Фома – 3480 и Отрада – 4133 руб./га. Для современных хозяйств столь низкая прибыль и рентабельность 7; 23 и 27% неприемлема, поскольку не обеспечит покрытие затрат на общехозяйственные нужды.

Внесение N₆₀P₂₀ на планируемую урожайность 3,0 т/га зерна овса обеспечивает резкое увеличение прибыли у изучаемых сортов. Рентабельность выращивания на таком агрофоне составила: Талисман – 47; Отрада – 54; Фома – 61%, что подтверждает преимущества современных сортов овса. Несмотря

на возросшие затраты на варианте с внесением $N_{90}P_{40}$ кг/га, получаемая прибавка урожая окупала их с высокой долей прибыли. У сорта Талисман она составляла 12060 руб./га, а у сортов Отрада и Фома – 15547 и 16388 руб./га соответственно (рисунки 17 и 18).

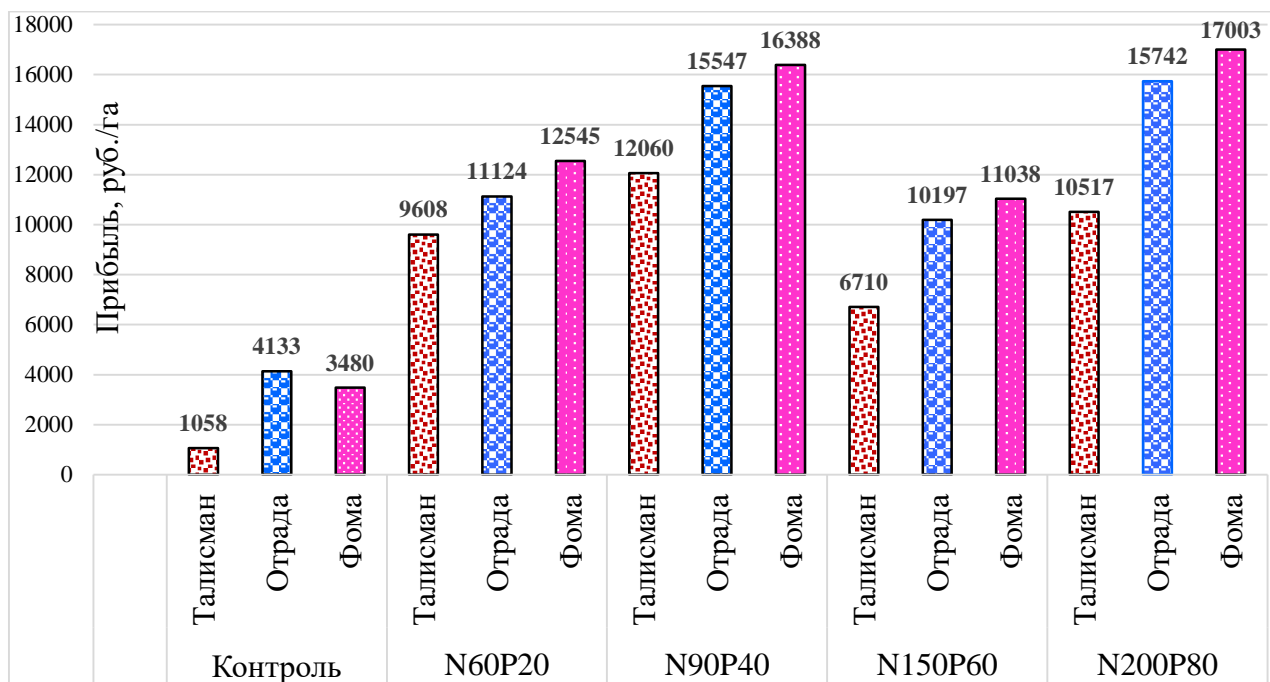


Рисунок 17 – Прибыль от выращивания сортов овса Тюменской селекции при различном уровне минерального питания, руб./га (2020-2022 гг.)

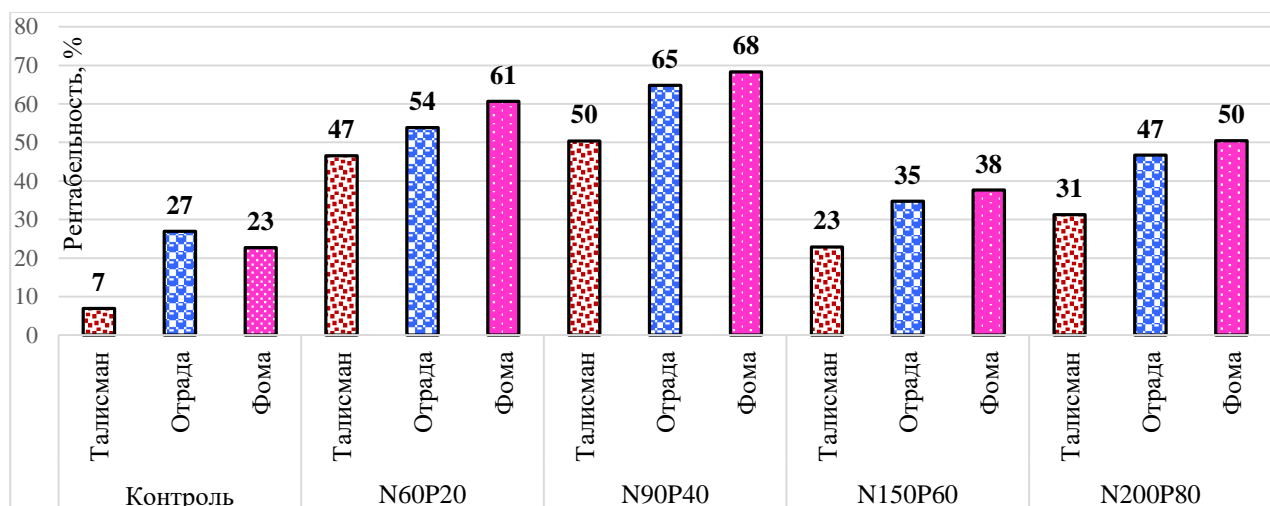


Рисунок 18 – Рентабельность использования возрастающих доз минеральных удобрений при выращивании овса, % (2020-2022 гг.)

Эффективность вложения средств в получение урожайности овса 4,0 т/га была максимальной среди изучаемых вариантов. Рентабельность достигла 50-68%. Наиболее сильно стал виден эффект сортовых особенностей овса. Талисман достоверно проигрывал Отраде и Фоме по рентабельности при единообразных условиях выращивания. Максимальная рентабельность по сортам и уровням минерального питания была у сорта Фома – 68%, что делает его наиболее перспективным для лесостепной зоны Зауралья.

Дальнейшее повышение уровня минерального питания, который был рассчитан на планируемую урожайность 5,0 т/га, привело к снижению прибыли до 6710-11038 руб./га. Причиной этого является недостаточная прибавка урожая, стоимость которой могла бы компенсировать возросшие затраты на минеральные удобрения. Рентабельность получения 5,0 т/га также уменьшилась почти в 2 раза у сортов Отрада и Фома, у сорта Талисман наблюдалось снижение рентабельности в 3 раза.

На варианте с максимальной насыщенностью прибыль вновь возросла до 10517-17003 руб./га, что благоприятно отразилось на рентабельности выращивания овса. Эффективность вложения средств была не сопоставима с вариантом, где удобрения вносили на планируемую урожайность 4,0 т/га. Определённое несоответствие между уровнем минерального питания и прибылью на варианте с очень высоким агрофоном объясняется тем, что под предшествующую культуру (яровая пшеница в 2021 г.) также вносили удобрения на планируемую урожайность 6,0 т/га. В 2021 г. удобрения не были использованы пшеницей по причине засухи и формирования низкой урожайности. Поэтому при расчёте доз удобрений под овёс были учтены запасы питательных веществ почвы. Это положительно отразилось на затратах и полученной прибыли.

7.2 Энергетическая оценка

Выход валовой энергии тесно коррелирует с биомассой растений, которые сформировались за счёт энергии фотосинтеза. На количество аккумулируемой энергии влияют не только урожайность зерна, но масса соломы, которая также на 95-97% состоит из органических веществ (Ахтямова А.А., 2018; Ахтямова А.А., Ерёмин Д.И. 2023). Наши расчёты показали, что при отсутствии удобрений (контроль) выход валовой энергии варьировал от 26096 (Талисман) до 31315 (Отрада) мДж (рисунок 19). Количество валовой энергии в сорте Фома приближалось к значениям сорта Отрада – разница между ними составила 5,6%.

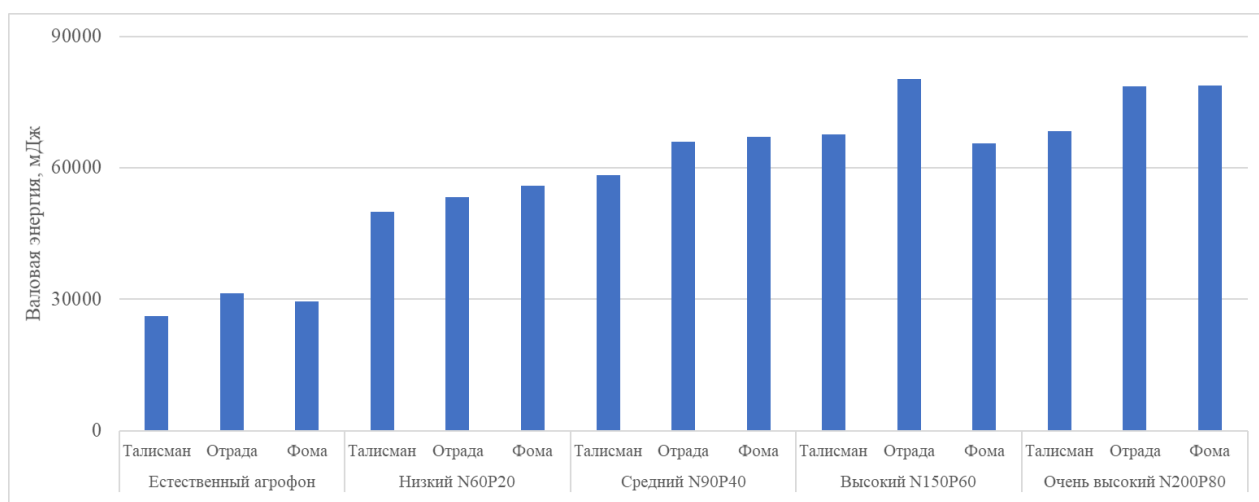


Рисунок 19 – Выход валовой энергии в урожае овса при внесении удобрений, мДж (2020-2022 гг.)

Внесение минеральных удобрений в дозе $N_{60}P_{20}$ привело к резкому скачку выхода валовой энергии – приращение относительно контроля составило 22019 мДж (80% от контроля) у сорта Отрада; 26259 (89%) – у Фомы и 23813 (91%) у Талисмана. С повышением уровня минерального питания выход валовой энергии закономерно увеличивался, достигнув максимума 68339-78723 мДж при внесении удобрений на планируемую урожайность 6,0 т/га ($N_{200}P_{80}$).

Затраты совокупной энергии на выращивание овса более сложные. Они включают в себя как энергию человека, так и заключённую в веществе

энергию – семена, топливо и удобрения. Расчёт показал, что для выращивания овса без удобрений требуется 14121 мДж. Эти затраты складываются следующим образом: семена – 48%; машины и топливо – 22 и 23% соответственно. Внесение удобрений в дозе N₆₀P₂₀ увеличило затраты на 61%, которые достигли 22732 мДж. Непосредственно энергия, заключенная в удобрениях, составила 6025 мДж, что соответствовало 27% от совокупных затрат. Нужно отметить, что использование удобрений требует дополнительного количества топлива для их транспортировки, разгрузки и внесения их в почву, поэтому затраты на данную статью возросли с 3210 до 5301 мДж (рисунок 20).

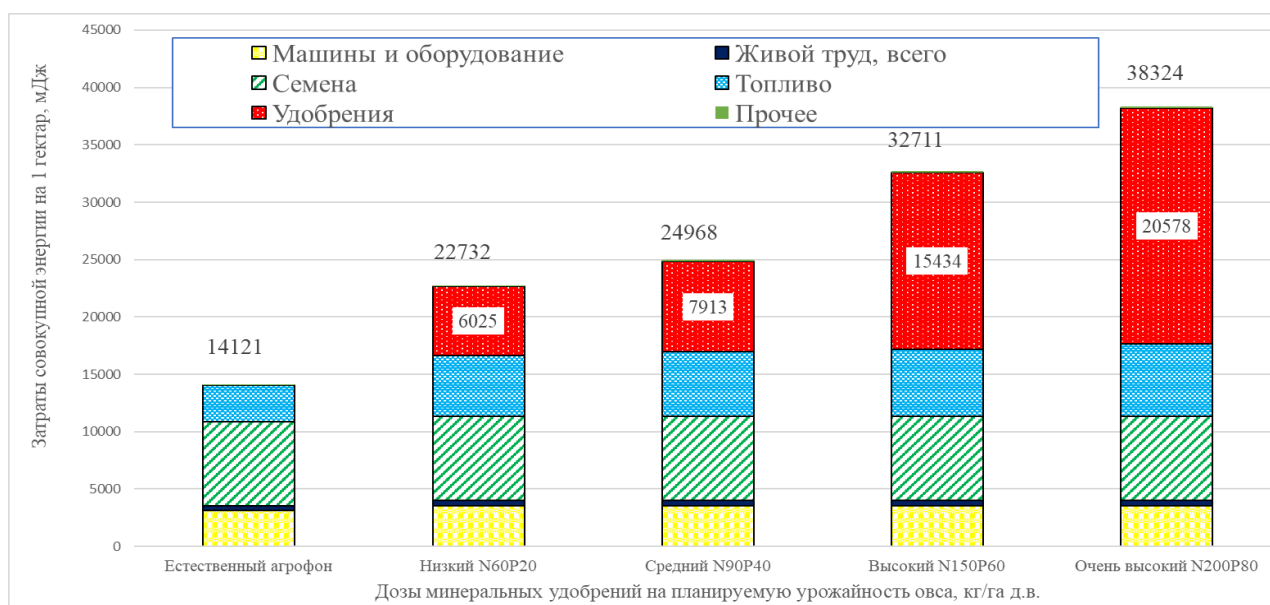


Рисунок 20 – Структура затрат совокупной энергии при выращивании овса на разных агрофонах, мДж (2020-2022 гг.)

Для получения урожайности 4,0 т/га требуется внести 90 кг азота и 40 кг фосфора в действующем веществе. Затраты совокупной энергии, соответствующие данной дозе, равны 7913 мДж, что составляет треть от итоговой суммы – 24968 мДж. Дальнейшее повышение уровня питания резко увеличило затраты в энергетическом эквиваленте – 32711 мДж для варианта с планируемой урожайностью 5,00 т/га и 38324 мДж при внесении удобрений в дозе N₂₀₀P₈₀ кг/га. На долю самих удобрений пришлось 47% (15434 мДж) и

53% (20578 мДж) соответственно (приложение АА-АВ). Причиной столь сильного увеличения затратной части является то, что формирование высоких урожаев в условиях Северного Зауралья идёт преимущественно за счёт минеральных удобрений, а не почвенного плодородия как в европейской части страны на чернозёмах (Чикишев Д.В., Абрамов Н.В. [и др.], 2020; Шерстобитов С.В., Абрамов Н.В., 2020).

Внесение минеральных удобрений на планируемую урожайность овса 3,0 и 4,0 т/га повышало затраты совокупной энергии на 61 и 77% соответственно. Дальнейшее повышение уровня минерального питания приводило к увеличению затрат в более чем в 2 раза.

Биоэнергетический коэффициент (БЭК) показывает эффективность затраченной энергии для получения планируемой урожайности за счёт минеральных удобрений. Также он доказывает преимущество одного сорта перед другим. Расчёты показали, что БЭК выращивания овса без удобрений в условиях лесостепи Зауралья составляет 1,85 (Талисман); 2,22 (Отрада) и 2,09 ед. (Фома). Это доказывает высокую эффективность Отрады на естественном агрофоне относительно других сортов (рисунок 21).

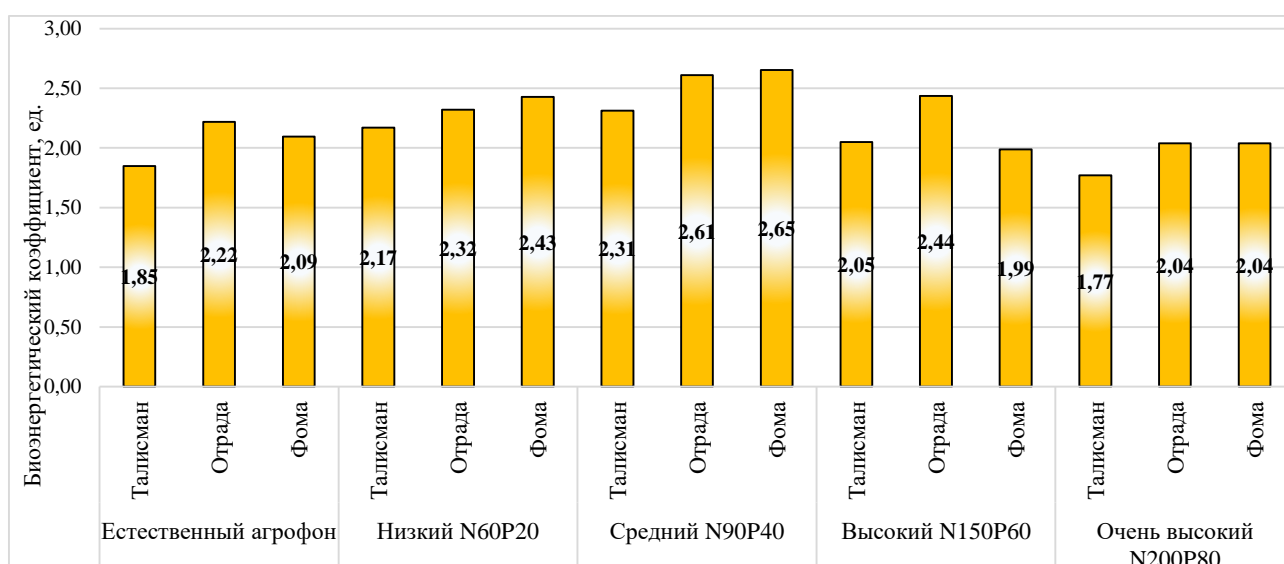


Рисунок 21 – Биоэнергетический коэффициент (БЭК) выращивания различных сортов овса при возрастающем уровне минерального питания, ед. (2020-2022 гг.)

Получение урожайности 3,0 т/га овса происходит преимущественно за счёт почвенного плодородия и минимальных доз удобрений ($N_{60}P_{20}$), поэтому биоэнергетический коэффициент возрастал по всем сортам. В стандартном сорте он составлял 2,17 ед., тогда как у Фомы 2,43 ед. Следует отметить, что данный сорт, при внесении удобрений на планируемую урожайность 3,0 т/га по эффективности стал превосходить Отраду, у которой БЭК возрос с 2,22 до 2,32 ед.

Увеличение дозы удобрений до $N_{90}P_{40}$ оказало положительное влияние на эффективность возделывания изучаемых сортов овса. Причиной этому является незначительное повышение затрат совокупной энергии при существенно возросшем выходе валовой энергии, заключенной в биомассу. Биоэнергетический коэффициент достиг максимума относительно всех вариантов. У Талисмана он был 2,31 ед., у Отрады и Фомы он составил 2,61 и 2,65 ед. соответственно. Это на 13 и 15% выше значений стандартного сорта Талисман. Данный факт указывает на эффективность возделывания Отрады и Фомы относительно Талисмана.

Дальнейшее повышение уровня минерального питания путём внесения высоких доз удобрений $N_{150}P_{60}$ и $N_{200}P_{80}$ кг/га негативно отразилось на биоэнергетике выращивания овса. Коэффициент эффективности начал снижаться, достигнув минимума 1,77-2,04 ед. Преимущество Отрады и Фомы сохранялось. Причиной этого было неполучение планируемой урожайности в 2021 г. при высоких затратах энергии минеральных удобрений.

Прогнозная математическая модель, созданная на основе фактической урожайности в благоприятные годы, показала, что биоэнергетический потенциал мог достичь максимума 2,94-3,00 ед. при получении планируемой урожайности 5,0 т/га зерна. Создание максимального уровня минерального питания ($N_{200}P_{80}$) всё равно приводит к снижению БЭК до 2,38-2,47 ед., что доказывает неэффективность получения урожайности 6,0 т/га в биоэнергетическом отношении в условиях лесостепи Зауралья.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведённых исследований по влиянию уровня минерального питания на урожайность и качество сортов овса интенсивного типа в условиях лесостепи Зауралья были сделаны следующие выводы:

1. Внесение удобрений на планируемую урожайность до 4,0 т/га не оказывало существенного влияния на вегетационный период изучаемых сортов овса, который оставался на уровне контроля: Талисман – 83; Отрада – 79; Фома – 74 сут. На высоком ($N_{150}P_{60}$) и очень высоком ($N_{200}P_{80}$) агрофоне вегетация затягивалась на 16-21 сут.

2. Внесение удобрений на планируемую урожайность до 4,0 т/га ($N_{90}P_{40}$) зерна не оказывало влияния на высоту и полегание овса. Дальнейшее повышение уровня минерального питания привело к увеличению высоты сорта Талисман на 15% и снижению устойчивости к полеганию с 8,8 до 6,0 баллов. При внесении удобрений в дозе $N_{200}P_{80}$, рассчитанной на 6,0 т/га зерна, высота сорта Фома увеличилась на 30% относительно контроля без снижения устойчивости к полеганию (8,3-8,5 баллов). Доля влияния возрастающих доз минеральных удобрений составляла 34,3%, генотипа – 11,5%, при их взаимодействии – 10%.

3. При отсутствии удобрений урожайность сортов интенсивного типа Талисман, Отрада и Фома варьировала от 1,72 до 2,05 т/га. Внесение удобрений в дозах $N_{60}P_{20}$ и $N_{90}P_{40}$ обеспечивало гарантированное получение планируемой урожайности (3,0 и 4,0 т/га соответственно). Урожайность 5,0 и 6,0 т/га при внесении $N_{150}P_{60}$ и $N_{200}P_{80}$ лимитируется погодными условиями вегетационного периода.

4. Внесение удобрений на планируемую урожайность до 5,0 т/га ($N_{150}P_{60}$) уменьшает долю мелкого зерна (<2 мм) у сортов Талисман и Отрада до 8,0-8,5%, у сорта Фома – до 6,5-7,5% и увеличивает массу 1000 зёрен на 9-11%. На очень высоком агрофоне ($N_{200}P_{80}$) доля мелкого зерна сортов Талисман и Отрада увеличивается до 10-11%, тогда как у сорта Фома он не

меняется. Масса 1000 зёрен на очень высоком агрофоне снижается на 10% у сортов Талисман и Фома, а сорт Отрада характеризуется стабильностью данного показателя. Установлено, что крупность зерна зависит от удобрений (23,4%), погодных условий вегетационного периода (30,0%) и сорта (9,6%).

5. Внесение минеральных удобрений в дозе $N_{90}P_{40}$ повышало натурную массу зерна на 7% относительно контроля (455-541 г/л) и снижало плёнчатость на 2%. Дальнейшее повышение уровня минерального питания привело к ухудшению показателей до уровня контроля, за исключением сорта Фома, натурная масса и плёнчатость зерна которого составили 547 г/л и 24% соответственно.

6. Внесение минеральных удобрений, обеспечивающих получение планируемой урожайности до 5,0 т/га ($N_{150}P_{60}$), увеличивало содержание протеина в зерне овса с 6,7-8,9 до 8,2-10,0%. Дальнейшее повышение уровня питания приводило к уменьшению содержания протеина в зерне сортов Талисман и Отрада. Сорт Фома на этом же агрофоне не снижал показатели протеина в зерне. Роль минеральных удобрений в накоплении масла в зерне не установлена; крахмала – 7%. Содержание масла на 88,9% зависит от сорта; крахмала – от погоды (36,1%).

7. Зерно, соответствующее требованиям к посевному материалу, было получено только при отсутствии удобрений и их внесении в дозе $N_{60}P_{20}$ кг/га. Энергия прорастания и лабораторная всхожесть составили 72-76 и 91-93% соответственно. При внесении удобрений в дозах $N_{90}P_{40}$ и выше посевные качества снижались до 57-59 и 61-63% соответственно. Степень влияния минеральных удобрений на посевные качества зерна овса составила 86,8%.

8. Внесение удобрений в дозе $N_{60}P_{20}$ и $N_{90}P_{40}$ кг/га изменяло нитратный режим почвы под овсом только в первой половине вегетации. К началу молочной спелости внесённый азот полностью расходовался и его содержание выравнивалось с контролем. Дальнейшее повышение уровня минерального питания привело к изменению нитратного режима всего вегетационного

периода, а также стимулировало поглощение азота из почвы в фазе созревания. Поглощение фосфора и калия на удобренных вариантах происходило в первой половине вегетации и на 52-53% зависело от уровня минерального питания. Роль погодных условий значительно ниже (17,7 и 15,4% соответственно).

9. Содержание азота в зерне овса при отсутствии минеральных удобрений варьировало от 1,16 ед. (Талисман) до 1,21 ед. (Отрада). Внесение возрастающих доз удобрений обеспечивало повышение содержания азота в зерне: Талисман – 1,53%; Отрада – 1,92%; Фома – 2,05%. На очень высоком агрофоне $N_{200}P_{80}$ содержание азота у сортов Талисман и Отрада резко снижалось, достигая 1,39 и 1,70% соответственно. В зерне сорта Фома при максимальном уровне агрофона содержание азота в зерне не уменьшалось.

10. Содержание фосфора в зерне овса варьировало в пределах 0,85-1,15%. Сорта Отрада и Фома характеризовались более высоким содержанием фосфора в зерне относительно сорта Талисман.

11. Содержание нитратов в зерне на 17% зависело от сорта, на 45% – от дозы удобрений, на 33% – от погодных условий. Максимальное в опыте накопление нитратов на разных уровнях минерального питания отмечено у сорта Талисман – 25,7-99,4 мг/кг. Самое низкое значение было у сорта Отрада – 17,6-70,1 мг/кг.

12. Для формирования одной тонны зерна овса на естественном и среднем агрофоне требуется 16-18 кг азота, 12-15 кг фосфора и 23-27 кг калия. При высоком ($N_{150}P_{60}$) и очень высоком ($N_{200}P_{80}$) уровне минерального питания удельный вынос NPK возрастал до 20-27, 17-19 и 28-33 кг/т зерна.

13. Овёс эффективно использовал азот из удобрений при низком ($N_{60}P_{20}$) и среднем ($N_{90}P_{40}$) уровнях минерального питания – балансировый коэффициент использования азота из удобрений составил 91-96%. На высоком агрофоне ($N_{150}P_{60}$) эффективность использования азота у сортов Талисман и Отрада снижалась до 77 и 83% соответственно. Эффективность поглощения азота

сортом Фома при тех же условиях оставалась на прежнем уровне. При внесении удобрений на планируемую урожайность 6,0 т/га коэффициент использования из удобрений резко уменьшался до 59-73%.

14. Затраты на выращивание овса без минеральных удобрений составляли 15300-15324 руб./га. Внесение $N_{60}P_{20}$ и $N_{90}P_{40}$ увеличивало затраты на 34 и 46% относительно общих затрат. Максимальная прибыль (17003 руб./га) получена при внесении удобрений на планируемую урожайность 6,0 т/га на сорте Фома. Рентабельность возрастала до 50-68% при внесении удобрений в дозе до $N_{90}P_{40}$ кг/га. Дальнейшее повышение уровня минерального питания снижало рентабельность до 31-50%.

15. Биоэнергетический коэффициент выращивания овса без удобрений составил 1,85-2,29 ед. Внесение $N_{60}P_{20}$ и $N_{90}P_{40}$ кг/га повышало данный показатель до 2,61-2,65 ед. Эффективность внесения высоких доз удобрений ($N_{150}P_{60}$ и $N_{200}P_{80}$) снижалась в связи с отсутствием дополнительной прибавки урожая на фоне резко возросших затрат совокупной энергии – 32711 и 38324 мДж, что почти в три раза больше контроля.

ПРЕДЛОЖЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВУ

В лесостепной зоне Зауралья при выращивании овса целевого назначения рекомендуется разработка системы удобрений обеспечивающей следующие урожайности: для продовольственных целей (сорт Фома) – внесение удобрений на планируемую урожайность 4,0 т/га зерна ($N_{90}P_{40}$), при которой формируется зерно с максимальной натурой, массой 1000 зёрен и содержанием протеина 8-10%, минимальной плёнчатостью и низкой долей мелкого зерна. Для зернофуражного направления (сорты Талисман и Отрада) рекомендуется внесение удобрений в дозе $N_{150}P_{60}$, обеспечивающее получение урожайности 5,0 т/га зерна с высокими кормовыми показателями: содержание протеина, крахмала и масла. Для получения качественного семенного материала рекомендуется внесение удобрений в дозе $N_{60}P_{20}$, обеспечивающее получение до 3,0 т/га зерна с высокой энергией прорастания и лабораторной всхожестью. При расчёте доз минеральных удобрений на планируемую урожайность свыше 4,0 т/га зерна необходима корректировка удельного выноса: азот – 25 кг; фосфор – 18 кг; калий – 33 кг на тонну зерна.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абашев, В.Д. Влияние минеральных удобрений на урожайность зерна овса / В.Д. Абашев, Е.Н. Носкова // Пермский аграрный вестник. – 2018. – №1(21). – С. 42-47.
2. Абашев, В.Д. Влияние минеральных удобрений на урожайность и качество голозёрного овса сорта Першерон / В.Д. Абашев, Ф.А. Попов, Е.Н. Носкова, С.Н. Жук // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2018. – 62(1). – С. 52-57.
3. Абрамов, Н.В. Основная обработка почвы и формирование азотного режима в системе точного земледелия / Н.В. Абрамов, С.А. Семизоров, А.М. Оксукбаева // Земледелие. – 2022. – №3. – С. 32-35.
4. Абрамов, Н.В. Проблемы получения максимально возможной урожайности яровой пшеницы в условиях северного Зауралья / Н.В. Абрамов, Д.И. Ерёмин // Аграрный вестник Урала. – 2009. – №1(55). – С. 31-34.
5. Абрамов, Н.В. Точное земледелие в эпоху цифровой экономики / Н.В. Абрамов. // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова. – 2020. – №3(60). – С. 8-14.
6. Абрамов, Н.В. Фосфорный режим чернозёма выщелоченного после различных предшественников / Н.В. Абрамов // Агропродовольственная политика России. – 2021. – №3. – С. 2-5.
7. Абрамов, Н.В. Экономическая эффективность применения минеральных удобрений при возделывании яровой пшеницы в Северном Зауралье / Н.В. Абрамов, Д.В. Ерёмина, Д.И. Ерёмин // Аграрный вестник Урала. – 2010. – №2(68). – С. 47-50.
8. Абрамов, Н.В. Эффективность удобрений и мелиорантов в зависимости от погодных условий при возделывании зерновых культур в Курганской области / Н.В. Абрамов, А.М. Плотников, А.В. Созинов // Плодородие. – 2023. – № 5(134). – С. 16-20.

9. Агрохимия: учебник / В.Г. Минеев, В.Г. Сычев, Г.П. Гамзиков [и др.]. – Москва: Издательство Всероссийского научно-исследовательского института агрохимии им. Д.Н. Прянишникова. – 2017. – С. 854.
10. Алешин, М.А. Вынос урожая и баланс азота при возделывании зерновых культур в Пермском крае / М.А. Алешин, А.А. Завалин // Плодородие. – 2022. – №1(124). – С. 3-6.
11. Артемьев, А.А. Эффективность азотных удобрений при возделывании ярового овса / А.А. Артемьев // Вестник Чувашского государственного аграрного университета. – 2023. – №2(25). – С. 21-26.
12. Ахтаријева, М.К. Физические свойства зерна сортов яровой пшеницы в условиях Северного Зауралья / М.К. Ахтаријева, Р.И. Белкина, Л.А. Сердюкова, К.В. Моисеева // Вестник КрасГАУ. – 2018. – №3(138). – С. 3-8.
13. Ахтямова, А.А. Изменение химического состава соломы яровой пшеницы при использовании гуминового препарата "Росток" в лесостепи Зауралья / А.А. Ахтямова, Д.И. Ерёмин // Вестник КрасГАУ. – 2023. – №4(193). – С. 58-65.
14. Ахтямова, А.А. Использование соломы для стабилизации гумусового состояния чернозёма выщелоченной лесостепной зоны Зауралья: специальность 06.01.04 "Агрохимия": автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Ахтямова Анастасия Андреевна. – Тюмень, 2018. – 18 с.
15. Балабанова, Н.Ф. Влияние способов обработки лугово-черноземной почвы на содержание органического вещества и ее структурное состояние / Н.Ф. Балабанова, Н.А. Воронкова, Л.В. Юшкевич // Агрохимия. – 2023. – №10. – С. 3-8.
16. Баталова, Г.А. Селекция овса на качество зерна в Волго-Вятском регионе / Г.А. Баталова // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2018. – №3(27). – С. 81-87.

17. Баталова, Г.А. Селекция овса пленчатого в условиях нестабильности агроклиматических ресурсов / Г.А. Баталова, С.Н. Шевченко, О.А. Жуйкова [и др.] // Российская сельскохозяйственная наука. 2021. – №3. – С. 11-15.
18. Белкина, Р.И. Выход крупы и ее качество у сортов овса в условиях Северного Зауралья / Р.И. Белкина, М.И. Марикова // Достижения науки и техники АПК. – 2012. – №3. – С. 28-30.
19. Белкина, Р.И. О пищевой ценности зерна овса и продуктов его переработки / Р.И. Белкина // Агропродовольственная политика России. – 2022. – №1. – С. 2-5.
20. Белоусова, Е.Г. Роль и значение калия в системе удобрения полевых культур / Е.Г. Белоусова // Вестник Нижегородской государственной сельскохозяйственной академии. – 2021. – №2(30). – С. 33-38.
21. Бобкова, Ю.А. Способ обработки почвы как фактор формирования урожая и качества овса посевного в условиях Среднерусской лесостепи / Ю.А. Бобкова, М.В. Сорокина, Е.К. Сидорова, С.Н. Абакумов // Вестник аграрной науки. – 2023. – №5(104). – С. 48-56.
22. Бобренко, И.А. Модели плодородия пахотных почв северной лесостепи Омской области / И.А. Бобренко, Ю.В. Аксенова // Вестник Омского государственного аграрного университета. – 2021. – №3(43). – С. 16-25.
23. Борин, А.А. Влияние разных по интенсивности систем обработки почвы, удобрений и гербицидов на урожайность культур севооборота / А.А. Борин, А.Э. Лощина // АгроЭкоИнфо. – 2019. – №1(35). – С. 4.
24. Бородина, Е.С. Эффективность совместного использования севооборотов и удобрений в условиях Центрального района Нечерноземной зоны России / Е.С. Бородина, П.С. Семешкина // Научные труды по агрономии. – 2022. – №3. – С. 5-11.
25. Бровкин, В.И. Влияние удобрений на продуктивность культур пятой ротации зернового севооборота на выщелоченном черноземе Тульской области / В.И. Бровкин // Агрохимия. – 2008. – №4. – С. 52-58.

26. Будько, А.С. Биоэнергетическая эффективность возделывания озимой мягкой пшеницы / А.С. Будько // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2022. – №2. – С. 148-152.
27. Бутковская, Л.К. Влияние сроков посева и удобрений на урожайность и качество семян сортов овса различных групп спелости в условиях Красноярской лесостепи / Л.К. Бутковская, Д.Н. Кузьмин, Г.М. Агеева, В.В. Казанов // Достижения науки и техники АПК. – 2018. – Т.32 – №5. – С. 26-28.
28. Васбиева, М.Т. Влияние длительного применения систем удобрений на фракционный состав минеральных фосфатов и содержание подвижного фосфора по профилю дерново-подзолистой почвы / М.Т. Васбиева, В.Р. Ямалтдинова, Д.С. Фомин // Российская сельскохозяйственная наука. – 2021. – №2. – С. 43-48.
29. Васин, А.В. Влияние стимуляторов роста и минеральных удобрений на урожайность различных сортов овса / А.В. Васин, О.А. Захарова, О.П. Кожевникова, А.В. Савачаев // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2024. – №1. – С. 10-17.
30. Васин, В.Г. Влияние нормы высева и минеральных удобрений на урожайность различных сортов овса / В.Г. Васин, А.В. Савачаев, А.Н. Бурунов // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2021. – №4. – С. 24-30.
31. Винокуров, И.Ю. Особенности влияния на продуктивность овса и ячменя систем удобрения и севооборотов в стрессовых погодных условиях / И.Ю. Винокуров, В. В. Шаркевич // Владимирский земледелец. – 2022. – № 4(102). – С. 9-13.
32. Власов, А.Г. Особенности сроков сева и азотного питания при возделывании голозерного овса в условиях Беларуси семян / А.Г. Власов, С.П. Халецкий, Т.М. Булавина // Земледелие и селекция в Беларуси. – 2022. (58). – С. 78-87.

33. Власов, А.Г. Особенности формирования урожайности голозерного овса в зависимости от срока сева, уровня азотного питания и норм высева семян / А.Г. Власов, С.П. Халецкий, Т.М. Булавина // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2023. – №1. – С. 112-115.
34. Власова, О.А. Окупаемость минеральных удобрений прибавкой урожая зерна в Вологодской области / О.А. Власова, А.В. Ерегин, С.В. Молчанов, А.В. Рябков // Агрехимический вестник. – 2024. – №S3. – С. 92-96.
35. Володина, Т.И. Потребление азота, сбор протеина культурами севооборота под влиянием минеральной и органических систем удобрений / Т.И. Володина, О.В. Чухина, А.И. Демидова // Молочно-хозяйственный вестник. – 2019. – №4(36). – С. 31-45.
36. Воронин, А.Н. Действие агротехнических приемов на распространенность ржавчинных болезней и продуктивность полевых культур / А.Н. Воронин, А.М. Труфанов, С.В. Шукин // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2021. – №4. – С. 41-50.
37. Воронкова, Н.А. Агрехимическая оценка фосфатного режима лугово-черноземной почвы в агроценозе / Н.А. Воронкова, Н.Ф. Балабанова, В.А. Волкова, Н.А. Цыганова // Таврический вестник аграрной науки. – 2023. – №2 (34). – С. 6-15.
38. Гамзиков, Г.П. Точное земледелие в Сибири: реальности, проблемы и перспективы / Г.П. Гамзиков // Земледелие. – 2022. – №1. – С. 3-9.
39. Гаркуша, А.А. Средообразующая роль и продуктивность яровой пшеницы, овса и подсолнечника на каштановых почвах сухой степи Западной Сибири / А.А. Гаркуша, В.И. Усенко, В.И. Кравченко, Д.В. Пургин // Достижения науки и техники АПК. – 2020. – Т.34. – №7. – С. 5-9.
40. Глуховцев, В.В. Применение комплексов современных удобрений на сортах ячменя интенсивного типа / В.В. Глуховцев, Н.В. Санина // Успехи современной науки и образования. – 2016. – Т.9. – №12. – С. 148-151.

41. Гоман, Н.В. Агрохимические нормативные показатели минерального питания яровой пшеницы в лесостепи Западной Сибири / Н.В. Гоман, И.А. Бобренко, В.В. Попова и др. // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2021. – №1. – С. 5-17.
42. Гоман, Н.В. Управление питанием яровой пшеницы на основе растительной диагностики / Н.В. Гоман, И.А. Бобренко, В.В. Попова, А.А. Гайдар // Земледелие. – 2021. – №6. – С. 36-40.
43. Гончар-Зайкин, П.П. Надстройка к Excel для статистической оценки и анализа результатов полевых и лабораторных опытов / П.П. Гончар-Зайкин, В.Г. Чертов // Рациональное природопользование и сельскохозяйственное производство в южных регионах Российской Федерации, Рассвет, 13–14 мая 2003 года. – Рассвет: Современные тетради, 2003. – С. 559-565.
44. Горяинов, И.А. Биоэнергетическая эффективность возделывания сортов ярового ячменя в зависимости от технологии возделывания / И.А. Горяинов, А.С. Ерешко, Л.П. Бельтюков, Р.Г. Бершанский // Рисоводство. – 2018. – №1(38). – С. 61-65.
45. Гребенщиков, В.Ю. Влияние минерального питания на урожайность и качество зерна ячменя (*hordeum vulgare* L.) При выращивании на серой лесной почве лесостепи приангарья / В.Ю. Гребенщиков, В.В. Верхотуров, С.Л. Белопухов, И.И. Серегина // Проблемы агрохимии и экологии. – 2019. – №3. – С. 20-26.
46. Григорьев, Д.Ю. Нитраты в кормах жвачных животных - скрытая опасность / Д.Ю. Григорьев, С.В. Зиновьев, В.С. Крюков // Эффективное животноводство. – 2022. – №5(180). – С. 10-12.
47. Григулецкий, В.Г. О полегании злаковых растений и методиках оценки устойчивости их стеблей / В.Г. Григулецкий // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2020. – №1. – С. 62-67.
48. Дёмин, Е.А. Динамика поглощения азота кукурузой, выращиваемой в лесостепной зоне Зауралья / Е.А. Дёмин, Л.Н. Барабанщикова // Вестник

Мичуринского государственного аграрного университета. – 2021. – №2(65). – С. 9-13.

49. Дёмина, О.Н. Влияние минеральных удобрений на биологическую активность чернозёма выщелоченного лесостепной зоны Зауралья. Диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / О.Н. Дёмина // Государственный аграрный университет Северного Зауралья. Тюмень, – 2021.

50. Дёмина, О.Н. Влияние минеральных удобрений на нитратный режим и нитрификацию чернозема, выщелоченного в Северном Зауралье / О.Н. Дёмина, Д.И. Ерёмин // Агрехимический вестник. – 2021. – №2. – С. 10-14.

51. Дёмина, О.Н. Влияние удобрений на микрофлору пахотного чернозёма лесостепной зоны Зауралья / О.Н. Дёмина, Д.И. Ерёмин // Вестник КрасГАУ. – 2020. – №2(155). – С. 63-71.

52. Дёмина, О.Н. Ферментативная активность агрочернозёма выщелоченного лесостепной зоны Зауралья под действием минеральных удобрений / О.Н. Дёмина, Д.И. Ерёмин // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2020. – №5(187). – С. 11-19.

53. Дзанагов, С.Х. Влажность и питательный режим чернозёма выщелоченного в зависимости от удобрений / С.Х. Дзанагов, Т.К. Лазаров // Материалы Международной научно-практической конференции с международным участием, посвященной 140-летию со дня рождения профессора Владимира Федоровича Раздорского: Материалы Международной научно-практической конференции, Владикавказ, 29-30 июня 2023 года. – Владикавказ: Горский государственный аграрный университет. – 2023. – С. 29-31.

54. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта: с основами статистической обработки результатов исследований / Б.А. Доспехов. – 5-е изд., доп. и перераб. – Москва: Агропромиздат. – 1985. – С. 351.

55. Дудкин, И.В. Биоэнергетическая эффективность выращивания культур в зернопропашном севообороте / И.В. Дудкин, Т.А. Дудкина // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. – №5. – С. 13-18.
56. Елисеев, С.Л. Влияние агротехнических приемов на лабораторную всхожесть и физические свойства семян овса / С.Л. Елисеев, Н.Н. Яркова, Н.В. Ашихмин // Пермский аграрный вестник. – 2016. – №2(14). – С. 23-28.
57. Емельянов, А.М. Продуктивность овса в зависимости от сочетаний минеральных удобрений в зернопаровом севообороте / А.М. Емельянов, Т.П. Лапухин // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2013. – №3(232). – С. 27-32.
58. Ерёмин, Д.И. Влияние длительного использования органоминеральной системы удобрения зернового севооборота на динамику подвижного калия чернозёма выщелоченного / Д.И. Ерёмин // Плодородие. – 2016. – №2(89). – С. 28-31.
59. Ерёмин, Д.И. Динамика подвижного фосфора пахотного чернозема при длительном использовании органоминеральной системы удобрения в лесостепной зоне Зауралья / Д.И. Ерёмин // Плодородие. – 2015. – №4(85). – С. 13-16.
60. Ерёмин, Д.И. К вопросу о стабилизации питательного режима за счёт заправки соломы зерновых культур / Д.И. Ерёмин, А.А. Ахтямова // Вестник Государственного аграрного университета Северного Зауралья. – 2016. – №4(35). – С. 21-26.
61. Ерёмин, Д.И. Минеральные удобрения и плодородие Сибирского чернозема. Результаты многолетних исследований / Д.И. Ерёмин // Вестник Курганской ГСХА. – 2017. – №4(24). – С. 36-40.
62. Ерёмин, Д.И. Продуктивность зернового с занятым паром севооборота в условиях Северного Зауралья / Д.И. Ерёмин // диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук. Тюмень, – 2002. – С. 205.

63. Ерёмин, Д.И. Рациональное применение минеральных удобрений как фактор экологической безопасности агроценозов / Д.И. Ерёмин, М.Г. Уфимцева // Аграрный вестник Урала. – 2013. – №12(118). – С. 63-66.
64. Ерёмин, Д.И. Состояние старопахотных чернозёмов лесостепной зоны Зауралья / Д.И. Ерёмин, Д.В. Ерёмина, М.Г. Уфимцева // Аграрная наука. – 2014. – №6. – С. 5-8.
65. Ерёмин, Д.И. Фосфорный режим кукурузы, выращиваемой по зерновой технологии в лесостепной зоне Зауралья / Д.И. Ерёмин, Е.А. Дёмин // Агропродовольственная политика России. – 2017. – №5(65). – С. 86-91.
66. Ерёмин, Д.И. Химический состав растительных остатков сельскохозяйственных культур, выращенных на различном агрофоне в лесостепной зоне Зауралья / Д.И. Ерёмин, А.А. Ахтямова // Вестник КрасГАУ. – 2017. – № 2(125). – С. 32-38.
67. Ерёмин, Д.И. Хозяйственный вынос основных элементов питания при выращивании кукурузы по зерновой технологии в лесостепной зоне Зауралья / Д.И. Ерёмин, Е.А. Дёмин // АПК России. – 2017. – Т.24. – №4. – С. 883-888.
68. Ерёмин, Д.И. Элементы продуктивности и характер их наследования гибридами F1 овса ярового (*Avena sativa* L.) в Западной Сибири / Д.И. Ерёмин, А.В. Любимова, А.К. Таутекенова, Д.А. Кочнева // Достижения науки и техники АПК. – 2022. – Т.36. – №7. – С. 25-30.
69. Ерёмин, Д.И. Элементы структуры урожайности как способ выявления засухоустойчивости современных сортов овса / Д.И. Ерёмин, А.В. Любимова, А.А. Ахтямова // Достижения науки и техники АПК. – 2023. – Т.37. – №7. – С. 50-57.
70. Ерёмина, Д.В. Агроэкономическая оценка наиболее распространённых севооборотов в сельскохозяйственной зоне Тюменской области / Д.В. Ерёмина, А.Н. Моисеев // Аграрный вестник Урала. – 2014. – №3(121). – С. 85-88.

71. Ерёмина, Д.В. Сравнительная оценка структурно-агрегатного состава темно-серых лесных почв лесостепной зоны Зауралья / Д.В. Ерёмина, Н.А. Груздева, Д.И. Ерёмин // Вестник Крас ГАУ. – 2019. – №12(153). – С. 57-63.
72. Ерёмина, Д.В. Экономика планируемых урожаев яровой пшеницы на пахотных черноземах за счет внесения минеральных удобрений / Д.В. Ерёмина, О.Н. Дёмина // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2021. – Т.16. – №1(61). – С. 9-14.
73. Ермолаев, О.Т. Фосфор: трансформация в почве, поглощение растениями: монография / О. Т. Ермолаев; Тюм. гос. с.-х. акад., Тюм. гос. архитектурно-строит. ун-т. - Тюмень: [ТГСХА], 2007. - 351 с.
74. Ермолаева, Г.В. Изменение химического состава растений овса и накопление в урожае NPK при внесении минерального удобрения, модифицированного биологическим препаратом / Г.В. Ермолаева // Зерновое хозяйство России. – 2023. – Т.15. – №3. – С. 73-79.
75. Журавлев, Д.Ю. Роль минеральных удобрений в повышении продуктивности овса (*Avena sativa* L.) при изменяющихся климатических условиях степного Поволжья / Д.Ю. Журавлев, Т.М. Ярошенко, Н.Ф. Климова // Аграрный научный журнал. – 2022. – №10. – С. 39-45.
76. Завалин, А.А. Вклад факторов в формирование урожая и основных показателей качества яровых зерновых культур / А.А. Завалин, Е.Н. Пасынкова, А.В. Пасынков // Достижения науки и техники АПК. – 2011. – №1. – С. 8-10.
77. Завалин, А.А. Вынос урожая, баланс в почве и эффективность использования азота зерновыми культурами в смешанных и одновидовых агроценозах / А.А. Завалин, М.А. Алешин // Российская сельскохозяйственная наука. – 2021. – №6. – С. 3–8.
78. Завриев, С.К. Потенциальные угрозы в сфере сельскохозяйственной и продовольственной безопасности / С.К. Завриев, А.Н. Игнатов // Мировая экономика и международные отношения. – 2020. – Т.64. – №7. – С. 100-107.

79. Зайцева, Г.А. Содержание подвижного фосфора в чернозёме выщелоченном в зависимости от влажности и его влияние на урожайность сельскохозяйственных культур / Г.А. Зайцева, О.М. Ряскова // Наука и Образование. – 2022. – Т.5. – №2.
80. Зайцева, Г.А. Урожайность полевых культур на лугово-черноземной почве в зависимости от минеральных удобрений / Г.А. Зайцева, О.М. Ряскова // Наука и Образование. – 2022. – Т.5. – №4.
81. Захаров, В.Г. Адаптивные свойства новых сортов овса в условиях Средневолжского региона / В.Г. Захаров, О.Г. Мишенькина // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2020. – №4(52). – С. 100-107.
82. Захарова, Д.А. Экономическая и биоэнергетическая оценка применения серосодержащих удобрений при возделывании яровой пшеницы / Д.А. Захарова, Е.А. Яшин, А.В. Карпов // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. – №1(41). – С. 26-31.
83. Ибиев, Г.З. Мировой рынок минеральных удобрений и его влияние на зерновую отрасль / Г.З. Ибиев, О.А. Савоськина, С.И. Чебаненко // Экономика сельского хозяйства России. – 2021. – №12. – С. 97-102.
84. Ибиев, Г.З. Перспективы внедрения ресурсосберегающих технологий в сельскохозяйственных предприятиях России / Г.З. Ибиев, С.А. Скачкова, О.А. Савоськина, С.И. Чебаненко, И.М. Павлова // Проблемы развития АПК региона. – 2021. – №4(48). – С. 67-78.
85. Иванова, Н.Ю. Сравнительная экономическая оценка возделывания традиционных зерновых культур и тритикале в различных агроклиматических сельскохозяйственных зонах Амурской области / Н.Ю. Иванова, А.А. Муратов // Агронаука. – 2023. – Т.1. – №1. – С. 191-197.
86. Иванова, Ю.С. Морфологические признаки устойчивости коллекционных образцов овса голозерного к стеблевому полеганию / Ю.С. Иванова, М.Н. Фомина // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2017. – №3(58). – С. 15-21.

87. Иванова, Ю.С. Оценка технологических показателей коллекционных сортов овса в Тюменской области / Ю. С. Иванова, М. Н. Фомина, М. В. Брагина // Аграрный вестник Урала. – 2023. – Т.23. – №10. – С. 2-10.
88. Ивенин, А.В. Влияние систем обработки светло-серой лесной почвы на урожайность и качество зерна овса в Нижегородской области / А.В. Ивенин, А.П. Саков // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2020. – Т.21. – №5. – С. 580-588.
89. Игнатов, А.Н. Влияние глобальных изменений климата на фитопатогены и развитие болезней растений / А.Н. Игнатов, Е.И. Кошкин, И.В. Андреева, Г.Г. Гусейнов, К.Г. Гусейнов, Ф.С.У. Джалилов. // Агротехника. – 2020. – №12. – С. 81-96.
90. Исаева, И.Ю. Эколого-биологические аспекты засухоустойчивости овса в условиях Центральной Якутии / И.Ю. Исаева // Актуальные проблемы науки и образования в области естественных и сельскохозяйственных наук. – 2018. – №1. – С. 97-100.
91. Исачкова, О.А. Влияние технологических приёмов возделывания на урожайность голозёрного овса сорта Гаврош / О.А. Исачкова, Д.Е. Андросов, М.А. Козыренко [и др.] // Достижения науки и техники АПК. – 2018. – Т.32, №12. – С. 24-26.
92. Кабашов, А.Д. Сорты овса немчиновской селекции, включенные в Госреестр в последние годы (обзор) / А.Д. Кабашов, И.Г. Лоскутов, Н.М. Власенко [и др.] // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2020. – Т.181. – №1. – С. 110-118.
93. Казак, А.А. Влияние минеральных удобрений на урожайность и качество семян сортов пшеницы в северной лесостепи Тюменской области / А.А. Казак, Ю.П. Логинов, Д.И. Ерёмин // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2019. – Т. 20. – №3. – С. 219-229.
94. Казак, А.А. Урожайность и качество зерна среднеранних сортов яровой мягкой пшеницы в зависимости от уровня минерального питания в северной

лесостепи Тюменской области / А.А. Казак, Ю.П. Логинов, Д.И. Ерёмин // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2019. – №5(79). – С. 63-69.

95. Кардашина, В.Е. Конкурсное испытание сортов и линий овса в условиях Свердловской области / В.Е. Кардашина, Л.С. Николаева // Достижения науки и техники АПК. – 2019. – Т.33. – № 6. – С. 26-29.

96. Каренгина, Л.Б. Влияние высоких доз суперфосфата на групповой и фракционный состав фосфатов темно-серой лесной почвы / Л.Б. Каренгина, Ю. Л. Байкин, Ю.Г. Байкенова // Аграрный вестник Урала. – 2020. – №14. – С. 19-27.

97. Каретин, Л.Н. Почвы Тюменской области. - Новосибирск: Наука. – 1990. – С. 285.

98. Кафтан, Ю.В. Влияние погодных условий и минеральных удобрений на урожайность культур в зернопаропропашных севооборотах на территории Оренбургской области / Ю.В. Кафтан, Д.В. Митрофанов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2019. – №5(79). – С. 40-43.

99. Каюгина С.М. Вариабельность свойств серых лесных почв Северного Зауралья: специальность 1.5.19 – Почвоведение: диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук / С.М. Каюгина. – Тюмень. – 2023. – 196 с.

100. Каюгина, С.М. Вариабельность содержания подвижного фосфора и калия в серых лесных почвах Северного Зауралья / С.М. Каюгина, Д.И. Ерёмин // Мир Инноваций. – 2022. – №3. – С. 11-14.

101. Каюгина, С.М. Гумусовое состояние тёмно-серых лесных почв Северного Зауралья / С.М. Каюгина, Д.И. Ерёмин // Вестник КрасГАУ. – 2022. – №10(187). – С. 35-42.

102. Каюгина, С.М. Пространственная вариабельность гумусового состояния собственно-серых лесных почв Северного Зауралья / С.М. Каюгина, Д.В.

Ерёмина // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2022. – №3(95). – С. 21-25.

103. Кидин, В.В. Доступность растениям ячменя и овса фосфора и калия из подпахотных горизонтов дерново-подзолистой почвы / В.В. Кидин, К.Ю. Бельдяева // Плодородие. – 2015. – №5(86). – С. 24-27.

104. Козлова, А.В. Эффективность длительного применения органических и минеральных удобрений в различных дозах и сочетаниях при возделывании овса в полевом севообороте на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве. Диссертация на соискание учёной степени кандидата сельскохозяйственных наук / А.В. Козлова // Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии им. Д.Н. Прянишникова РАСХН. Москва, – 2015. – С. 145.

105. Колесова, М.А. Возможное влияние абиотических факторов на устойчивость ячменя и овса к ржавчинным заболеваниям / М.А. Колесова, В.Г. Захаров, Л.Г. Тырышкин // Достижения науки и техники АПК. – 2022. – Т.36, –№1. – С. 13-21.

106. Коляда, В.В. О влиянии погодно-климатических факторов на урожайность зерновых культур в Минской и Могилёвской губерниях в конце XIX - начале XX века / В.В. Коляда // Природопользование. – 2021. – №2. – С. 146-152.

107. Комиссарова, И.В. Оценка почвенного плодородия балансовым методом / И.В. Комиссарова, Н.В. Мирошниченко, А.В. Человечкова, Д.И. Ерёмин // Вестник Курганской ГСХА. – 2018. – №3(27). – С. 27-30.

108. Конончук, В.В. Агрохимические аспекты формирования высоких урожаев зерновых культур в Центральном Нечерноземье / В.В. Конончук // Зерновое хозяйство России. – 2016. – №3. – С. 1-8.

109. Конончук, В.В. К вопросу о расчете доз удобрений на планируемый урожай зерновых культур в Центральном Нечерноземье / В.В. Конончук, М.С. Гончаренко // Зерновое хозяйство России. – 2012. – №4. – С. 50-54.

110. Коробейников, Н.И. Сорт яровой мягкой пшеницы интенсивного типа Гонец / Н.И. Коробейников, В.С. Валекжанин // Вестник КрасГАУ. – 2021. – №11(176). – С. 32-38.
111. Косарева, И.А. Развитие физиологических исследований в ВИР / И.А. Косарева, В.А. Кошкин // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2007. – Т.164. – С. 350-360.
112. Котченко, С.Г. Динамика агрохимических свойств старопахотного чернозема лесостепной зоны Зауралья / С.Г. Котченко, Н.А. Груздева, Д.И. Ерёмин // Плодородие. – 2017. – №2(95). – С. 12-15.
113. Котченко, С.Г. Мониторинг состояния плодородия пахотных земель Тюменской области / С.Г. Котченко, Е.А. Краснова // Достижения науки и техники АПК. – 2021. – Т.35, – №9. – С. 11-14.
114. Красницкий, В.М. Агрохимическая характеристика пахотных почв и эффективность сельскохозяйственного производства в Омской области / В.М. Красницкий, А.Г. Шмидт // Плодородие. – 2018. – №1(100). – С. 64-67.
115. Красницкий, В.М. Динамика подвижного фосфора в почвах лесостепи Западной Сибири / В.М. Красницкий, А.Г. Шмидт, О.А. Матвейчик, И.А. Бобренко // Плодородие. – 2020. – №2(113). – С. 57-60.
116. Кузенко, М.В. Влияние морфологических признаков длины стебля и метелки на устойчивость к полеганию зимующего овса / М.В. Кузенко, В.И. Кузенко // Новые технологии. – 2020. – Т.16. – №5. – С. 63-70.
117. Кузнецов, Д.А. Влияние нормы высева и азотных удобрений на урожайность и качество семян пленчатых и голозерных сортов овса ярового / Д.А. Кузнецов, Г.Н. Ибрагимова, А.Д. Калинина // Достижения науки и техники АПК. – 2015. – Т. 29. – №3. – С. 16-18.
118. Куликова, А.Х. Влияние известкования на агрохимические свойства чернозема выщелоченного, урожайность и качество зерна яровой пшеницы / А.Х. Куликова, Н.Г. Захаров, И.Р. Касимов // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2023. – №3(63). – С. 77-83.

119. Кураченко, Н.Л. Современное состояние плодородия агрочернозёмов Красноярской лесостепи как основа рационального землепользования / Н.Л. Кураченко, Т.Н. Демьяненко, А.А. Колесник // Вестник КрасГАУ. – 2021. – №5(170). – С. 28-36.
120. Кучменко, Е.В. Фракционный состав минеральных фосфатов в чернозёме обыкновенном при различных способах основной обработки / Е.В. Кучменко, О.А. Бирюкова, Р.А. Каменев, А.М. Медведева // Живые и биокосные системы. – 2021. – №36.
121. Листков, В.Ю. Основы программирования урожайности овса в зависимости от различных факторов в условиях Новосибирской области / В.Ю. Листков // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. – №8. – С. 60-65.
122. Лоскутов, И.Г. Методические указания по изучению и сохранению мировой коллекции ячменя и овса / И.Г. Лоскутов, О.Н. Ковалева, Е.В. Блинова // СПб., –2019. – С. 7-12.
123. Лоскутов, И.Г. Новый подход к структурированию сортового разнообразия голозерных и пленчатых форм культурного овса (*Avena sativa* L.) / И.Г. Лоскутов, Т.В. Шеленга, А.В. Конарев [и др.] // Экологическая генетика. – 2020. – Т.18 – №1. – С. 27-41.
124. Любимова, А.В. Генетическая засухоустойчивость современных сортов овса посевного как ответ глобальному изменению климата / А.В. Любимова, В.С. Мамаева, А.А. Менщикова // Аграрный вестник Урала. – 2022. – №6(221). – С. 49-59.
125. Любимова, А.В. Каталог биохимических паспортов сортов овса посевного сибирской селекции / А.В. Любимова, Д.И. Ерёмин, В.С. Мамаева [и др.] // Вестник КрасГАУ. – 2022. – №5(182). – С. 73-83.
126. Любимова, А.В. Овёс в Тюменской области / А.В. Любимова, А.С. Иваненко // Тюмень: Федеральное государственное бюджетное учреждение

науки Федеральный исследовательский центр Тюменский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук. –2021. – 172 с.

127. Любимова, А.В. Сортовые особенности фотосинтетической активности овса посевного Тюменской селекции при внесении минеральных удобрений / А.В. Любимова, Д.И. Ерёмин // Аграрный вестник Урала. – 2021. – № 12(215). – С. 59-76.

128. Магарамов, Б.Г. Влияние срока посева, условий выращивания и сортовых особенностей на полевую всхожесть овса / Б.Г. Магарамов, К.У. Куркиев // Проблемы развития АПК региона. – 2018. – №3(35). – С. 58-61.

129. Макаров, В.Н. Влияние отдельных агротехнических приемов на урожайность и качество семян зерновых культур в Приамурье / В.Н. Макаров, В.И. Кельчин // Дальневосточный аграрный вестник. – 2016. – №3(39). – С. 25-30.

130. Мансапова, А.И. Возделывание новых сортов овса в условиях подтайги Омской области: практическое пособие / А.И. Мансапова, Т.Ю. Пыко, Л.О. Берендеева // Омск: ИП Макшеева Е.А. – 2020. – 24 с.

131. Мерзлая, Г.Е. Влияние длительного применения систем удобрения разной интенсивности на урожайность и качество зерна овса / Г.Е. Мерзлая, А.Д. Федулова, А.Ю. Гаврилова // Агрохимия. – 2022. – №8. – С. 3-9.

132. Милютина, Е.М. Агроэкологическая оценка комплексного применения средств химизации при возделывании овса в условиях радиоактивного загрязнения агроценозов: специальность 06.01.04 «Агрохимия»: диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Милютина Елена Михайловна. – Брянск, 2021. – 140 с.

133. Митрофанов, Ю.И. Влияние технологических приёмов на структуру урожая овса / Ю.И. Митрофанов, Л.В. Пугачева, Н.А. Смирнова // Достижения науки и техники АПК. – 2019. – Т33. – №5. – С. 26-29.

134. Моторин, А.С. Вредоносность сорного компонента в агрофитоценозах Северного Зауралья / А.С. Моторин, Н.Г. Малышкин, Н.В. Санникова, В.А. Конищева // Тюмень: ГАУСЗ, – 2018. – 362 с.
135. Мудрых, Н.М. Перспективы выращивания продовольственного овса в Пермском крае / Н.М. Мудрых // Земледелие. – 2019. – №1. – С. 43-44.
136. Мурзова, О.В. Динамика накопления элементов питания овсом в зависимости от применения новых форм комплексных удобрений, микроудобрений и регулятора роста / О.В. Мурзова // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2022. – №4. – С. 53-58.
137. Мыхлык, А.И. Анатомическое строение стебля овса посевного (*Avena sativa* L.) / А.И. Мыхлык, С.В. Лазаревич // Министерство сельского хозяйства и проднемовольствия Республики Беларусь, Главное управление образования, науки и кадров, Белорусская государственная сельскохозяйственная академия. – Горки: Белорусская государственная сельскохозяйственная академия – 2018. – С. 138.
138. Мыхлык, А.И. Влияние удобрений и регуляторов роста на строение и продуктивность растений овса посевного / А.И. Мыхлык, С.В. Лазаревич // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. – №1. – С. 73-77.
139. Назарюк, В.М. Роль азота микробной биомассы в азотном питании растений на почвах лесостепной зоны Западной Сибири / В.М. Назарюк, Ф.Р. Калимуллина // Агрохимия. – 2017. – №1. – С. 3-11.
140. Налиухин, А.Н. Последствие биомодифицированных органоминеральных удобрений на урожайность и качество овса на разных фонах кислотности дерново-подзолистой почвы / А.Н. Налиухин, А.В. Ерегин, В.С. Вернодубенко, С.В. Ерегина, А.В. Рябков, О.Г. Костылева // Молочнохозяйственный вестник. – 2023. – №1(49). – С. 63-80.

141. Немцев, С.Н. Агроклиматические ресурсы, их изменение и экологические ограничения вегетационного периода Ульяновской области / С.Н. Немцев, Р.Б. Шарипова // Достижения науки и техники АПК. – 2021. – Т.35. №3. – С. 10-14.
142. Никитин, С.Н. Баланс основных элементов питания при применении минеральных и модифицированных удобрений при возделывании овса в среднем Поволжье / С.Н. Никитин, Г.В. Сайдяшева, С.А. Захаров // Экология, ресурсосбережение и адаптивная селекция: Сборник докладов 3-й Всероссийской научно-практической интернет-конференции молодых ученых и специалистов с международным участием, Саратов, 20-22 марта 2019 года. – Саратов: Издательство «Научная книга». – 2019. – С. 178-181.
143. Николаева, Н.А. Белково-минеральные кормовые добавки в кормлении коров / Н.А. Николаева, П.П. Борисова, Н.М. Алексеева, С.А. Петрова // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2023. – №1(391). – С. 62-66.
144. Новиков, Н.Н. Формирование урожая и биохимических показателей качества зерна овса в зависимости от уровня азотного питания / Н.Н. Новиков, А.Н. Налиухин, А.А. Соколов // Плодородие. – 2023. – №5(134). – С. 28-32.
145. Новикова, С.С. Структура урожая овса посевного в зависимости от элементов агротехнологии / С.С. Новикова, С.В. Жаркова, В.И. Усенко // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2023. – №8(226). – С. 40-45.
146. Окорков, В.В. Влияние удобрений на содержание подвижных форм азота и урожайность овса на серых лесных почвах Верхневолжья / В.В. Окорков, О.А. Фенова, Л.А. Окоркова // Агрехимия. – 2020. – №2. – С. 3-13.
147. Окорков, В.В. Оптимизация дозы, вынос и использование элементов питания овсом при длительном применении удобрений / В.В. Окорков, О.А. Фенова, Л.А. Окоркова // Успехи современного естествознания. – 2019. – №5. – С. 19-29.
148. Олехов, В.Р. Эффективность азотных удобрений в зависимости от предшественников на овсе, возделываемом по обороту пласта клевера

лугового 2 г.п / В.Р. Олехов, Н.М. Мудрых // АгроЭкоИнфо. – 2018. – №2(32). – С. 20.

149. Остриков, А.Н. Разработка технологии зерновых хлопьев для комбикормов / А.Н. Остриков, В.А. Афанасьев, В.В. Мануйлов // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2017. – Т.79, – №1(71). – С. 15-21.

150. Павлова, О.В. Оценка сортов зерновых культур по показателям качества семян и стрессоустойчивости / О.В. Павлова, Л.А. Марченкова, Р.Ф. Чавдарь, Т.Г. Орлова, О.А. Савоськина // Владимирский земледелец. – 2021. – №2(96). – С. 52-57.

151. Пасынков, А.В. Статистические зависимости основных показателей качества зерновых культур / А.В. Пасынков, Е.Н. Пасынкова // Агрохимия. – 2011. – №2. – С. 24-40.

152. Пасынкова, Е.Н. Изменение показателей качества зерна пленчатого овса при фракционировании / Е.Н. Пасынкова, А.А. Завалин, А.В. Пасынков, Н.В. Котельникова // Российская сельскохозяйственная наука. – 2018. – № 4. – С. 16-20.

153. Перфильев, Н.В. Агрофизические и агрохимические свойства темно-серых лесных почв при различных системах основной обработки / Н.В. Перфильев, О.А. Вьюшина // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2021. –Т. 51. – №3. – С. 15-23.

154. 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.

155. Перфильев, Н.В. Элементы плодородия и продуктивность пашни в зависимости от обработки почвы / Н.В. Перфильев, О.А. Вьюшина //

Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2020. – Т.50. – №1. – С. 5-12.

156. Пигарева, Н.Н. Влияние удобрений на продуктивность разных сортов ячменя и овса в криолитозоне Забайкалья / Н.Н. Пигарева // Агрохимия. – 2007. – №3. – С. 34-40.

157. Пироженко, В.В. Мониторинг состояния плодородия пахотных почв Курской области / В.В. Пироженко, Д.Н. Цыганков, О.Н. Мирошниченко // Достижения науки и техники АПК. – 2019. – Т.33. – № 4. – С. 12-15.

158. Плотников, А.М. Баланс элементов питания в звене зернопарового севооборота под влиянием трепела, сапропеля и минеральных удобрений / А.М. Плотников, А.В. Созинов, Н.Н. Вафин // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2018. – №3(71). – С. 37-39.

159. Плотников, А.М. Зависимость урожайности зерновых культур от содержания в почве доступных форм фосфора и калия / А.М. Плотников // Вестник Курганской ГСХА. – 2019. – №1(29). – С. 17-20.

160. Плотников, А.М. Содержание и запасы элементов питания в чернозёмах Зауралья / А.М. Плотников // Вестник Курганской ГСХА. – 2019. – №2(30). – С. 19-22.

161. Поливанова, О.Б. Влияние искусственного заражения фузариозом в сочетании с обработкой регуляторами роста растений на антиоксидантную систему и продуктивность овса / О.Б. Поливанова, С.К. Темирбекова, К.Н. Тюрин, Е.А. Калашникова, Ю.В. Афанасьева, А.Д. Кабашов, А.С. Колупаева И.И. Сардарова // Биосфера. – 2022. – Т.14. – № 4. – С. 369-374.

162. Полонский, В.И. Адаптивный потенциал образцов овса по химическим и физическим характеристикам зерна / В.И. Полонский, С.А. Герасимов, А.В. Сумина, С.А. Зюте // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2022. – Т.183. – №1. – С. 57-75.

163. Пономарева, С.В. Влияние погодных условий на урожай и качество сортов гороха / С.В. Пономарева, В.В. Селехов // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2017. – №1(56). – С. 20-27.
164. Попов, Ф.А. Эффективность применения возрастающих доз минеральных удобрений / Ф.А. Попов, В.Д. Абашев, Е.Н. Носкова // Агропромышленные технологии Центральной России. – 2019. – №1(11). – С. 72-78.
165. Постников, П.А. Влияние удобрений на урожайность культур и вынос питательных элементов в зернопаросидеральном севообороте / П.А. Постников, В.В. Попова // Агрохимия. – 2021. – №4. – С. 42-48.
166. Проберж, Э.С. Оценка азотного режима почвы для диагностики питания овса в Зауралье / Э.С. Проберж, Ю.А. Дженис // Плодородие. – 2008. – №1(40). – С. 31-32.
167. Прокина, Л.Н. Влияние минеральных удобрений и приемов обработки почвы на урожайность овса / Л.Н. Прокина, Е.Н. Хвостов // Аграрный научный журнал. – 2019. – №12. – С. 30-33.
168. Пронько, В.В. Изучение длительного действия минеральных удобрений в стационарном опыте в степном Поволжье / В.В. Пронько, Д.Ю. Журавлев, Т.М. Ярошенко, Н.Ф. Климова // Агрохимия. – 2023. – №2. – С. 15-28.
169. Рзаева, В.В. Водный режим почвы и влагообеспеченность сельскохозяйственных культур в зернопаровом и зерновом с занятым паром севооборотах при различных системах обработки почвы / В.В. Рзаева, М.А. Коноплин // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2008. – №4. – С. 11-19.
170. Ряскова, О.М. Зависимость доступности подвижного фосфора от естественного увлажнения почвы в посевах овса / О.М. Ряскова, Г.А. Зайцева, В.О. Волостных // Научный альманах. – 2020. – №2(64). – С. 118-121.
171. Савачаев, А. В. Влияние нормы высева и минеральных удобрений на высоту голозерных форм овса / А.В. Савачаев, В.Г. Васин, О.А. Захарова // Инновационные достижения науки и техники АПК: Сборник научных трудов

Международной научно-практической конференции, Самара, – Кинель: Самарский государственный аграрный университет. – 2023. – С. 73-77.

172. Савачаев, А.В. Влияние нормы высева и минеральных удобрений на формирование урожая различных сортов овса / А.В. Савачаев, В.Г. Васин, О.А. Захарова // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2023. – №1. – С. 3-8.

173. Сапега, В.А. Потенциал продуктивности и экологическая пластичность сортов овса на корм / В.А. Сапега // Вестник Омского государственного аграрного университета. – 2016. – №4(24). – С. 34-39.

174. Сапега, В.А. Урожайность и параметры стабильности сортов зерновых культур / В.А. Сапега, Г.Ш. Турсумбекова, С.В. Сапега // Достижения науки и техники АПК. – 2012. – №10. – С. 22-26.

175. Семизоров, С.А. Дифференцированная основная обработка лугово-чернозёмной почвы при различном уровне минерального питания в Северном Зауралье: специальность 06.01.01 «Общее земледелие, растениеводство»: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Семизоров Сергей Алексеевич. – Красноярск. – 2013. -19 с.

176. Серая, Т.М. Сравнительная эффективность возделывания овса в традиционной и органической системе земледелия на дерново-подзолистой суглинистой почве / Т.М. Серая, Е.Н. Богатырева, Ю.А. Белявская [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2014. – №2(53). – С. 111-118.

177. Синявский, И.В. Оценка зависимости урожайности зерновых культур от применения полимерного гидрогеля, азотного и фосфорного удобрения в севообороте / И.В. Синявский, А.М. Плотников, А.В. Созинов, Н.Д. Гущенская // Проблемы агрохимии и экологии. – 2021. – №3-4. – С. 9-16.

178. Соловьев, А.В. Роль химического элемента калия в питании и жизни растений / А.В. Соловьев, Ю.В. Сидорова // Вестник Российского

государственного аграрного заочного университета. – 2022. – №41(46). – С. 59-64.

179. Старостин, М.Н. Влияние удобрений на урожай овса / М.Н. Старостин, Г.И. Ушаков // Новосибирск: Наука. – 2004. – С. 198.

180. Стеничкина, М.Ю. Совершенствование элементов технологии возделывания овса в условиях Нечерноземной зоны России: специальность 06.01.01 «Общее земледелие, растениеводство»: диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Стеничкина Мария Юрьевна. – Самара. – 2020. – 147 с.

181. Стрижков, Н.И. Влияние средств химизации на урожайность и качество зерна овса на черноземах Поволжья / Н.И. Стрижков, Д.Р. Леневич, С.С.Х. Атаев // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. – 2012. – №11. – С. 34-36.

182. Суделовская, А.В. Системы удобрения овса и качество получаемой продукции в условиях радиоактивного загрязнения / А.В. Суделовская // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. – 2009. – №5. – С. 19-23.

183. Сычев, В.Г. Возможности совершенствования градаций содержания "доступного" калия / В.Г. Сычев // Агрехимический вестник. – 2000. – №5. – С. 30-34.

184. Таразанова, Т.В. Урожай и качество зерна овса при различном обеспечении удобрениями / Т.В. Таразанова, Э.Н. Садовская // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2011. – №5. – С. 72-78.

185. Товстик, Е.В. Подходы к испытанию удобрений контролируемого действия / Е.В. Товстик, С.Г. Скугорева, Т.А. Адамович, Т.Я. Ашихмина // Теоретическая и прикладная экология. – 2022. – №1. – С. 182-190.

186. Ториков, В.Е. Урожайность и качество зерна овса в зависимости от видов и норм внесения минеральных удобрений / В.Е. Ториков, А.В. Макаров //

Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. – 2019. – №6(76). – С. 13-20.

187. Тулякова, М.В. Урожайность и адаптивная способность образцов овса пленчатого в условиях Кировской области / М.В. Тулякова, Г.А. Баталова, С.С. Салтыков, С.В. Пермьякова // Таврический вестник аграрной науки. – 2023. – №1 (33). – С. 125-134.

188. Усенко, С.В. Отзывчивость овса на удобрения в зависимости от обработки почвы и уровня защиты культур полевого севооборота в лесостепи Алтайского Приобья / С.В. Усенко, В.И. Усенко, А.А. Гаркуша [и др.] // Земледелие. – 2020. – №1. – С. 44-48.

189. Фадькин, Г.Н. Обоснование применения различных форм азотных удобрений под сельскохозяйственные культуры и их влияние на плодородие серой лесной почвы / Г.Н. Фадькин, Е.И., Лупова Д.В. Виноградов, Р.Н. Ушаков // Вестник КрасГАУ. – 2020. – №7(160). – С. 63-7.

190. Федулова, А.Д. Сравнительная агроэкологическая оценка последствий органических и минеральных удобрений в различных дозах и сочетаниях при возделывании овса на дерново-подзолистой почве. Автореф. дис... канд. биол. наук. Москва. – 2020. – С. 26.

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

192. Фомина, М.Н. Влияние элементов технологии на реализацию биологического ресурса у сортов овса нового поколения в зоне северной лесостепи Тюменской области / М.Н. Фомина, Н.А. Брагин // Достижения науки и техники АПК. – 2020. – Т.29. – №10. – С. 22-25.

193. Фомина, М.Н. Использование метода электрофореза проламинов в первичном семеноводстве на примере сорта овса Отрада / М.Н. Фомина, Г.В.

- Тоболова, А.В. Остапенко // Достижения науки и техники АПК. – 2016. – Т.30. – №12. – С. 14-16.
194. Фомина, М.Н. Яровой овес Фома / М.Н. Фомина // Достижения науки и техники АПК. – 2019. – Т.34. – №3. – С. 63-66.
195. Чернов, О. С. Овес в севооборотах Владимирского ополья / О.С. Чернов // Владимирский земледелец. – 2023. – №3(105). – С. 48-55.
196. Чибис, В.В. Экономическая и биоэнергетическая эффективность возделывания сельскохозяйственных культур в полевых севооборотах лесостепи Западной Сибири / В.В. Чибис, Д.В. Ефименко, И.С. Кужелев // Наука XXI века: вызовы, становление, развитие: сборник статей IV Международной научно-практической конференции, Петрозаводск, 20 июня 2022 года. – Петрозаводск: Международный центр научного партнерства «Новая Наука» (ИП Ивановская И.И.), –2022. – С. 151-157.
197. Чикишев, Д.В. Динамика НРК при дифференцированном внесении минеральных удобрений в режиме off-line / Д.В. Чикишев, Н.В. Абрамов, Н.С. Ларина, С.В. Шерстобитов // Аграрный научный журнал. – 2021. – №10. – С. 61-66.
198. Чикишев, Д.В. Формирование химического состава зерна яровой пшеницы при различном уровне минерального питания / Д.В. Чикишев, Н.В. Абрамов, Н.С. Ларина, С.В. Шерстобитов // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. – 2020. – Т.10. – №3(34). – С. 496-505.
199. Чуб, М.П. Влияние минеральных удобрений на продуктивность овса (*avena sativa* L.) В условиях длительного стационарного опыта на южном черноземе Поволжья / М.П. Чуб, В.В. Пронько, Т.М. Ярошенко, Н.Ф. Климова, Д.Ю. Журавлев // Проблемы агрохимии и экологии – Москва. – 2016. – №1. – С. 3-9.
200. Шахова, О.А. Особенности минерального питания яровой пшеницы в условиях внедрения ресурсосберегающих технологий в лесостепной зоне

Северного Зауралья / О.А. Шахова, Д.И. Ерёмин // Вестник Красноярского ГАУ. – 2007. – №1. – С. 149-152.

201. Шахова, О.А. Урожайность овса при разных способах обработки чернозёма выщелоченного в условиях северной лесостепи Тюменской области / О.А. Шахова // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. – №8. – С. 84-87.

202. Шерстобитов, С.В. Влияние почвенной неоднородности и внесения усредненной нормы азотных удобрений на урожайность яровой пшеницы / С.В. Шерстобитов, Н.В. Абрамов // Вестник КрасГАУ. – 2020. – №5(158). – С. 93-99.

203. Ширнина, Н.М. О восполнении дефицита легкоусвояемых углеводов в рационе жвачных животных с применением биотехнологий (обзор) / Н.М. Ширнина, Б.Х. Галиев, А.В. Быков // Животноводство и кормопроизводство. – 2018. – Т.101. – №1. – С. 123-131.

204. Шмидт, А.Г. Трансформация показателей плодородия почв сельскохозяйственных угодий северной лесостепи Омской области / А.Г. Шмидт, Е.Г. Бобренко // Вестник Омского государственного аграрного университета. – 2021. – №3(43). – С. 51-61.

205. Юсова, О.А. Анализ сортов овса омской селекции по сбору белка с единицы площади / О.А. Юсова, П.Н. Николаев, И.В. Сафонова, Н.И. Аниськов // Аграрный вестник Урала. – 2020. – №06(197). С. 38–48.

206. Юсова, О.А. Уровень качества зерна омских сортов овса ярового в контрастных экологических условиях / О.А. Юсова, П.Н. Николаев, В.С. Васюкевич [и др.] // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2020. – №2(55). – С. 84-96.

207. Arinicheva, I.V. Construction of a mathematical model of cereal lodging / I.V. Arinicheva, I.V. Arinichev, Z.D. Darmilova // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Yekaterinburg City, Virtual, 15-16 October 2020. – Yekaterinburg City, Virtual, 2021. – P. 012046.

208. Averyasova, Yu.S. Initial material for development of high protein oat cultivars in northern Trans ural mountain region / Yu.S. Averyasova, M.N. Fomina, I.G. Loskutov // The 10th International Oat Conference: Innovation for Food and Health: Abstracts of oral and poster presentation, Saint-Petersburg, Russia, 11-15 July 2016 / Federal Research Center the N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR). – Saint-Petersburg, Russia: Federal Research Center the N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR); ООО "Р-КОПИ", 2016. – P. 164-165.
209. Bakharev, A.A. Biotechnological characteristics of meat cattle breeds in the Tyumen region / A.A. Bakharev, O.M. Sheveleva, K.A. Fomintsev [et al.] // Journal of Pharmaceutical Sciences and Research. – 2018. – Vol.10. – №9. – P. 2383-2390.
210. Balcha, A. Effect of Phosphorus Rates and Varieties on Grain Yield, Nutrient Uptake and Phosphorus Efficiency of Tef [*Eragrostis tef* (Zucc.) Trotter]. / A. Balcha, // American Journal of Plant Sciences. (2014). 05 – 262-267.
211. Belkina, R.I. Classification and ranking of spring soft wheat varieties by grain quality in the conditions of the Northern Trans-Urals / R.I. Belkina, Y.A. Letyago, D.I. Kucherov // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Omsk City, Western Siberia, 04–05 июля 2020 года. – Omsk City, Western Siberia, 2021. – P. 012169.
212. Demin, E.A. Mineral fertilizers influence on the dynamics of nitrogen, phosphorus and potassium in corn area grown in the forest-steppe zone of Trans-Urals / E.A. Demin, L.N. Barabanshchikova // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science / Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering. – Krasnoyarsk: IOP Publishing Ltd, – 2021. – P. 22080.
213. Eremin, D.I. Changes in the content and quality of humus in leached chernozems of the Trans-Ural forest-steppe zone under the impact of their agricultural use / D.I. Eremin // Eurasian Soil Science. – 2016. – Vol.49. – №5. – P. 538-545.

214. Eremin, D.I. Dynamics of agrochemical properties of gray forest soil of the Western Siberia's sub-boreal zone affected by a long-term agricultural exploitation / D.I. Eremin, E.P. Renev // BIO Web of Conferences: International Scientific and Practical Conference, Tyumen, 19-20 July 2021. – Tyumen: EDP Sciences. – 2021. – P. 03006.
215. Eremin, D.I. Simulation the fertility parameters of artificial soils for green zones in the infrastructure of cities in Western Siberia / D.I. Eremin, D.V. Eremina // Journal of Environmental Management and Tourism. – 2018. – Vol.9. – №3(27). – Pp. 599-604.
216. Eremin, D.I. Soils swelling as a regional feature of Western Siberia / D.I. Eremin // MATEC Web of Conferences, St. Petersburg, 20-22 December 2017. – St. Petersburg: EDP Sciences. –2018. – P. 02017.
217. Eremina, D.V. Fertility of agrogenic and postagrogenic chernozems of Western Siberia / D.V. Eremina, D.I. Eremin [электронный ресурс] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: 12th International Scientific Conference on Agricultural Machinery Industry, Interagromash 2019, Rostov-on-Don, 10-13 september 2019. – Vol.403. – Rostov-on-Don: Institute of Physics Publishing. – 2019. – P. 012173.
218. Fomina, M.N. Agrometeorological characteristics of spring oat varieties created in the conditions of the Northern Trans-Urals / M.N. Fomina // BIO Web of Conferences: International Scientific and Practical Conference, Tyumen, 19-20 July 2021. – Tyumen: EDP Sciences. – 2021. – P. 01018
219. Fomina, M.N. New Generation Varieties of Spring Oats Selected for Areas with the Climate as in Ural, Siberia and the Far East of Russia / M.N. Fomina, G.V. Tobolova, A.V. Lyubimova // Advances in Engineering Research: materials of the International scientific and practical conference. Tyumen. – 2018. – Pp. 201-205.
220. Ghulam Mustafa Kubar. Effect of potassium (K⁺) on growth, yield components and macronutrient accumulation in Wheat crop / Ghulam Mustafa Kubar, Khalid Hussain Talpur, Muhammad Nawaz Kandhro, Shahneela Khashkhali,

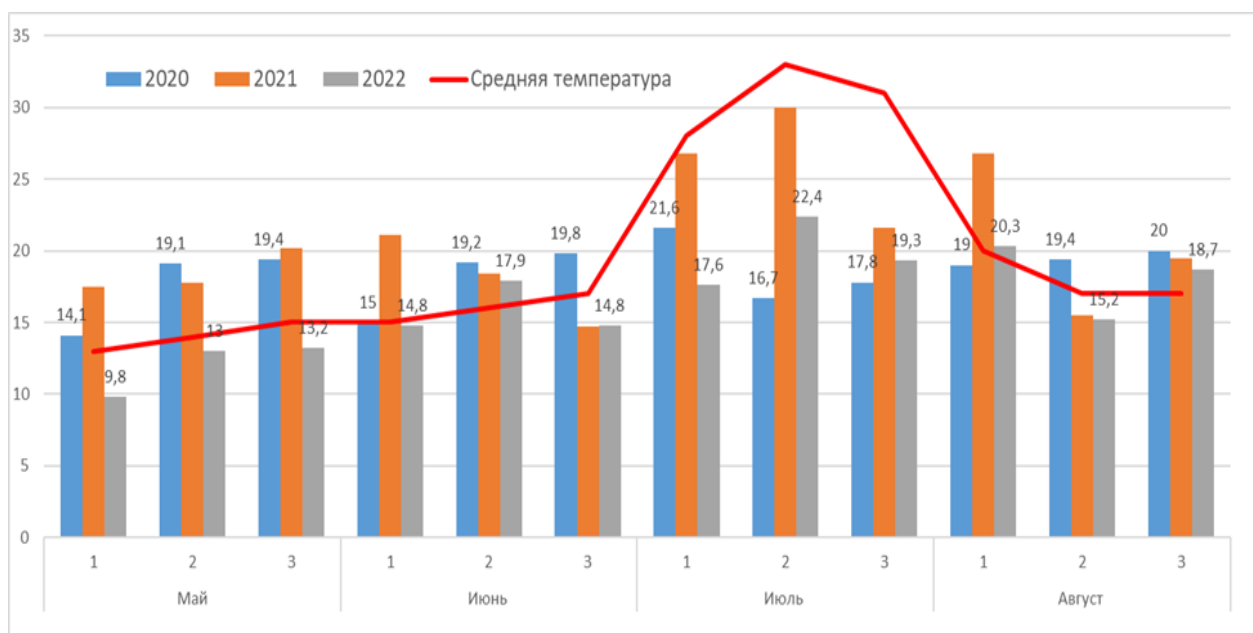
- Mir Muhammad Nizamani, Muhammad Saleem Kubar, Kashif Ali Kubar and Aftab Ali Kubar // *Pure and Applied Biology*. – 2018. – Vol.8, Issue1, Pp.248-255.
221. Ivanova, Yu.S. Ecological plasticity and stability of collection samples of naked oats in the conditions of the Northern TRANS-Urals / Yu.S. Ivanova, M.N. Fomina, A.A. Yaroslavtsev // *Bioscience Research*. – 2020. – Vol.17. – №2. – P. 1183-1185.
222. Karwacka, A. Cereal - raw materials obtained from the cultivation of biomass for energy purposes / A. Karwacka, G. Walowski // *Владимирский земледелец*. – 2021. – №4(98). – P. 4-10.
223. Lyubimova, A.V. Dynamics of the genetic diversity of oat varieties in the Tyumen region at avenin-coding loci / A.V. Lyubimova, G.V. Tobolova, D.I. Eremin, I.G. Loskutov // *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. – 2020. – Vol.24. – №2. – P. 123-130.
224. Matsuyama, H. Varietal difference in lodging resistance and Culm characteristics of wheat / H. Matsuyama, Y. Shimazaki, Y. Ohshita, Y. Watanabe // *Japan. J. Crop Sc.* – 2014. – V.83. – №2. – P. 136-142.
225. McCabe, CP. Impact of varying N fertiliser rate and timing on yield formation and grain filling in winter and spring-sown oats / CP. McCabe, JJ. Burke // *European Journal of Agronomy* [Internet]. 2022 [cited 2022 Dec 15];139.
226. Navabi, A. The relationship between lodging and plant height in a diverse wheat population / A. Navabi, M. Idbal, K. Strenzke, D. Spaner // *Canad. J. Plant Sc.* – 2006. – V.86. – №3. – P. 723-726.
227. Radzka, E. Classification of precipitation intensity during the growing season in central-eastern Poland (1971-2005) / E. Radzka // *Journal of Environmental Engineering*. – 2014. – Vol.5. – №3. – P. 51-55.
228. Sinhmar, A. Impact of Various Modification Methods on Physicochemical and Functional Properties of Starch / A. Sinhmar, A. Pathera, S. Sharma, M. Nehra, R. Thory, V. Nain // *A Review. Starch - Stärke*. (2022). 75.

229. Theivasigamani, P. Effects of High Temperature on Crops / P. Theivasigamani, S. Firdous, E. David, K. Lesharadevi, D. Maduraimuthu // (2022).10.5772/intechopen.105945.
230. Viana, L.R. Would transitioning from conventional to organic oat grains production reduce environmental impacts? A LCA case study in North-East Canada / L.R. Viana, P.L. Dessureault, Ch. Marty [et al.] // Journal of Cleaner Production [Internet]. 2022 [cited 2022 Dec 15]; 349.
231. Yakovets, L. Ecotoxicological evaluation of grain products of agrocenosis for the content of nitrates in the conditions of the pravobezhnaya forest steppe / L. Yakovets // Annali d'Italia. 2020; (13-1) – P. 8-12.

ПРИЛОЖЕНИЯ

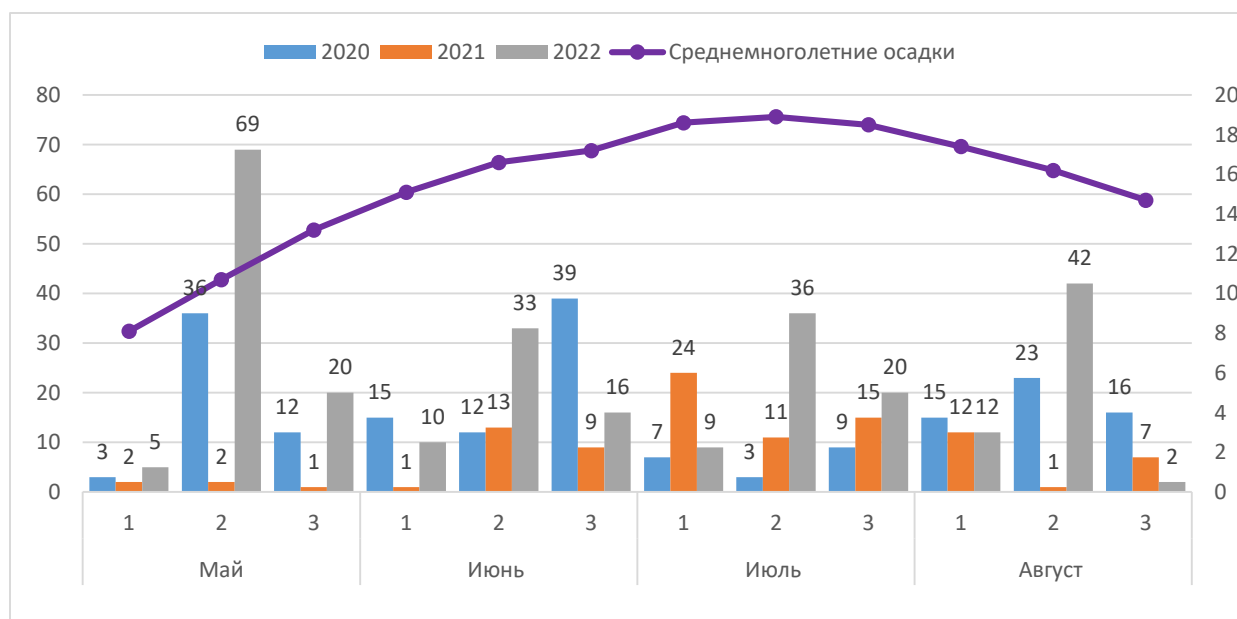
Приложение А

Температура воздуха в годы исследований, °С (2020-2022 гг.)



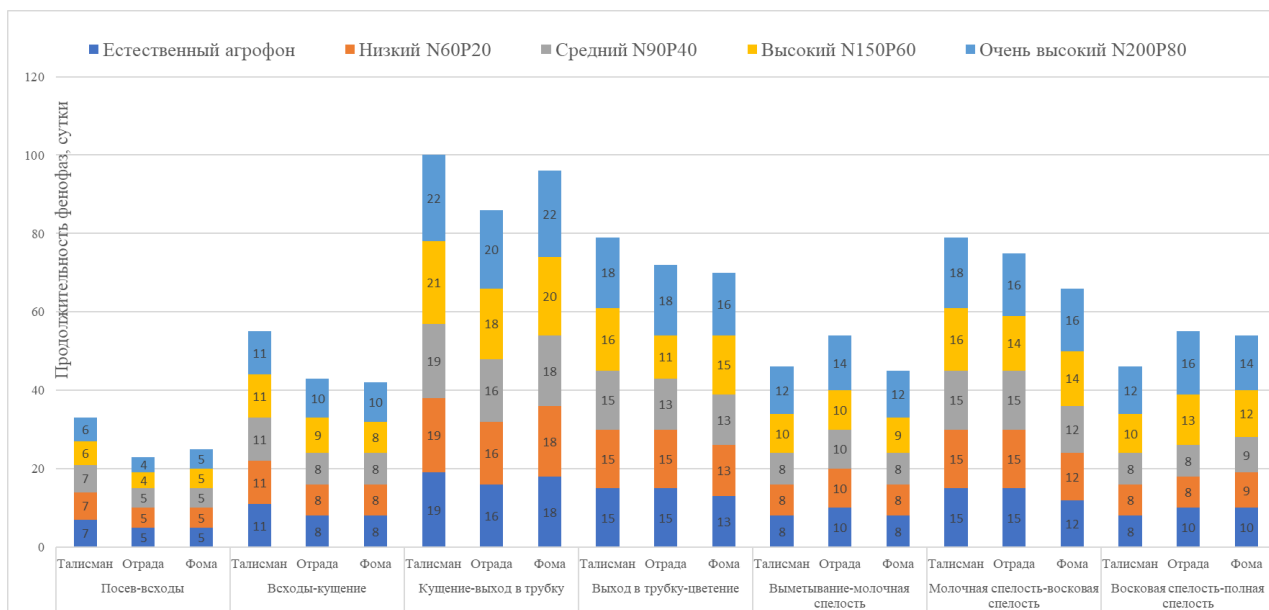
Приложение Б

Количество осадков в годы исследований, мм (2020-2022 гг.)



Приложение В

Влияние уровня минерального питания на фенологию сортов овса,
2020-2022 гг., сут.



Приложение Г

Влияние внесения минеральных удобрений на высоту растений овса разных сортов, см.

Уровень минерального питания (фактор А)	Сорт (фактор В)		
	Талисман	Фома	Отрада
2020 год			
Естественный агрофон	87	61	75
Низкий N ₆₀ P ₂₀	101	67	74
Средний N ₉₀ P ₄₀	109	90	87
Высокий N ₁₅₀ P ₆₀	110	93	103
Очень высокий N ₂₀₀ P ₈₀	115	105	119
2021 год			
Естественный агрофон	73	56	71
Низкий N ₆₀ P ₂₀	75	55	74
Средний N ₉₀ P ₄₀	76	71	75
Высокий N ₁₅₀ P ₆₀	75	66	74
Очень высокий N ₂₀₀ P ₈₀	74	65	76
2022 год			
Естественный агрофон	91	88	87
Низкий N ₆₀ P ₂₀	95	91	89
Средний N ₉₀ P ₄₀	99	95	94
Высокий N ₁₅₀ P ₆₀	102	96	96
Очень высокий N ₂₀₀ P ₈₀	103	98	100
НСР ₀₅ для фактора А = 8 см; В=5 см; АВ = 7 см			

Приложение Д

Результаты трёхфакторного дисперсионного анализа влияния различных факторов на диаметр первого междоузлия овса

Источник вариации	Сумма квадратов	Степени свободы	Дисперсия	F _{факт}	F _{теор}	Показатель силы влияния, %
Фактор А (уровень минерального питания)	0,0	4	0,0	38,2	2,4	6,4
Фактор В (сорт)	0,1	2	0,0	155,7	3,0	12,9
Фактор С (погодные условия)	0,2	2	0,2	1164,7	3,9	48,4
Взаимодействие АВ	0,0	8	0,0	27,9	2,0	9,3
Взаимодействие АС	0,0	4	0,0	8,9	2,4	1,5
Взаимодействие ВС	0,0	2	0,0	47,7	3,0	4,0
Взаимодействие АВС	0,0	8	0,0	18,2	2,0	6,0

Приложение Е

Результаты трёхфакторного дисперсионного анализа влияния различных факторов на диаметр второго междоузлия овса

Источник вариации	Сумма квадратов	Степени свободы	Дисперсия	F _{факт}	F _{теор}	Показатель силы влияния, %
Фактор А (уровень минерального питания)	0,0	4	0,0	49,4	2,4	8,1
Фактор В (сорт)	0,1	2	0,0	143,4	3,0	11,7
Фактор С (погодные условия)	0,2	2	0,2	1052,3	3,9	43,1
Взаимодействие АВ	0,0	8	0,0	20,1	2,0	6,6
Взаимодействие АС	0,0	4	0,0	12,1	2,4	2,0
Взаимодействие ВС	0,0	2	0,0	52	3,0	4,3
Взаимодействие АВС	0,0	8	0,0	15,5	2,0	5,1

Приложение Ж

Результаты трёхфакторного дисперсионного анализа влияния различных факторов на устойчивость к полеганию

Источник вариации	Сумма квадратов	Степени свободы	Дисперсия	F _{факт}	F _{теор}	Показатель силы влияния, %
Фактор А (уровень минерального питания)	47,7	4	11,9	26,9	2,5	34,3
Фактор В (сорт)	16,0	2	8,0	18,1	3,1	11,5
Фактор С (погодные условия)	8,5	2	8,5	19,2	4,0	6,1
Взаимодействие АВ	13,9	8	1,7	3,9	2,0	10,0
Взаимодействие АС	8,4	4	2,1	4,7	2,5	6,0
Взаимодействие ВС	2,2	2	1,1	2,5	3,1	1,6
Взаимодействие АВС	3,4	8	0,4	0,9	2,0	2,4

Приложение И

Урожайность сортов овса, на разных уровнях агрофона, т/га

Уровень агрофона					
Сорт	Естественный агрофон	Низкий N ₆₀ P ₂₀	Средний N ₉₀ P ₄₀	Высокий N ₁₅₀ P ₆₀	Очень высокий N ₂₀₀ P ₈₀
2020 год					
Талисман	1,60	3,45	4,31	5,47	5,62
Отрада	2,13	3,32	4,72	6,30	6,16
Фома	1,87	3,64	4,94	6,44	5,78
2021 год					
Талисман	1,22	2,54	2,63	2,47	2,30
Отрада	1,58	3,14	3,24	3,24	3,11
Фома	1,59	3,13	3,19	3,36	3,36
2022 год					
Талисман	2,35	3,57	4,43	5,53	6,03
Отрада	2,44	3,58	4,52	6,17	6,34
Фома	2,48	3,72	4,62	6,23	6,88
Средняя погрешность – 0,05; точность эксперимента – 1,43%; разностная погрешность – 0,07. Критерий Стьюдента – 2; наименьшая существенная разница (НСР) – 0,07					

Приложение К

Выход соломы сортов овса, на разных уровнях агрофона, т/га

Уровень агрофона					
Сорт	Естественный агрофон	Низкий N ₆₀ P ₂₀	Средний N ₉₀ P ₄₀	Высокий N ₁₅₀ P ₆₀	Очень высокий N ₂₀₀ P ₈₀
2020 год					
Талисман	1,93	4,13	5,76	9,04	9,72
Отрада	2,34	3,72	5,61	8,49	8,70
Фома	2,14	4,01	6,73	8,11	7,30
2021 год					
Талисман	1,39	2,90	3,65	3,79	3,46
Отрада	1,72	3,35	3,95	4,02	3,87
Фома	1,68	3,50	4,03	4,10	4,21
2022 год					
Талисман	2,98	4,47	5,97	9,50	10,53
Отрада	2,77	4,17	5,51	7,10	7,78
Фома	2,89	4,61	5,90	8,27	9,20
Средняя погрешность – 0,05; точность эксперимента – 1,43 %; разностная погрешность – 0,07. Критерий Стьюдента – 2; наименьшая существенная разница (НСР) – 0,07					

Приложение Л

Структура урожая овса при внесении возрастающих доз удобрений, 2020 г.

Показатель	Сорт (фактор А)	Уровень агрофона (фактор В)					НСР ₀₅
		Естественный агрофон	Низкий N ₆₀ P ₂₀	Средний N ₉₀ P ₄₀	Высокий N ₁₅₀ P ₆₀	Очень высокий N ₂₀₀ P ₈₀	
Всего стеблей, шт./м ²	Талисман	370	454	590	658	698	A=16
	Отрада	371	442	450	588	554	B=17
	Фома	330	435	563	561	548	AB=18
в том числе продуктивных, шт./м ²	Талисман	300	413	420	475	455	A=10
	Отрада	355	400	380	485	420	B=15
	Фома	310	400	497	437	435	AB=16
Доля продуктивных стеблей, %	Талисман	81	91	71	72	65	A=3
	Отрада	96	90	84	82	76	B=4
	Фома	94	92	88	75	79	AB=5
Количество зёрен в метёлке, шт.	Талисман	16	25	30	32	36	A=2
	Отрада	18	24	35	35	38	B=2
	Фома	18	25	28	37	40	AB=5
Масса зерна с метёлки, г	Талисман	0,58	0,90	1,13	1,20	1,28	A=0,03
	Отрада	0,64	0,87	1,41	1,39	1,53	B=0,02
	Фома	0,67	0,94	1,10	1,52	1,46	AB=0,04

Приложение М

Структура урожая овса при внесении возрастающих доз удобрений, 2021 г.

Показатель	Сорт (фактор А)	Уровень агрофона (фактор В)					НСР ₀₅
		Естественный агрофон	Низкий N ₆₀ P ₂₀	Средний N ₉₀ P ₄₀	Высокий N ₁₅₀ P ₆₀	Очень высокий N ₂₀₀ P ₈₀	
Всего стеблей, шт./м ²	Талисман	320	326	315	358	341	A=15
	Отрада	328	345	320	335	366	B=16
	Фома	350	383	322	310	354	AB=17
в том числе продуктивных, шт./м ²	Талисман	288	290	270	231	235	A=8
	Отрада	296	304	283	289	300	B=12
	Фома	300	322	288	277	310	AB=14
Доля продуктивных стеблей, %	Талисман	90	89	86	65	69	A=2
	Отрада	90	88	88	86	82	B=4
	Фома	86	84	89	89	88	AB=6
Количество зёрен в метёлке, шт.	Талисман	19	25	30	33	36	A=2
	Отрада	18	33	35	35	32	B=3
	Фома	17	30	33	36	30	AB=5
Масса зерна с метёлки, г	Талисман	0,58	0,92	1,05	1,21	1,13	A=0,04
	Отрада	0,61	1,14	1,25	1,26	1,14	B=0,03
	Фома	0,57	1,06	1,24	1,32	1,09	AB=0,05

Приложение Н

Структура урожая овса при внесении возрастающих доз удобрений, 2022 г.

Показатель	Сорт (фактор А)	Уровень агрофона (фактор В)					НСР ₀₅
		Естественный агрофон	Низкий N ₆₀ P ₂₀	Средний N ₉₀ P ₄₀	Высокий N ₁₅₀ P ₆₀	Очень высокий N ₂₀₀ P ₈₀	
Всего стеблей, шт./м ²	Талисман	542	539	693	658	698	A=16
	Отрада	528	563	679	757	834	B=16
	Фома	546	568	633	573	597	AB=18
в том числе продуктивных, шт./м ²	Талисман	488	480	485	475	485	A=12
	Отрада	477	495	510	485	521	B=10
	Фома	468	477	497	483	500	AB=13
Доля продуктивных стеблей, %	Талисман	90	89	70	72	70	A=3
	Отрада	90	88	75	64	62	B=4
	Фома	86	84	78	84	84	AB=6
Количество зёрен в метёлке, шт.	Талисман	19	33	35	35	40	A=3
	Отрада	24	29	30	40	43	B=2
	Фома	25	28	30	37	41	AB=4
Масса зерна с метёлки, г	Талисман	0,51	0,80	0,97	1,24	1,29	A=0,04
	Отрада	0,56	0,77	0,92	1,31	1,23	B=0,03
	Фома	0,59	0,83	1,00	1,34	1,41	AB=0,06

Приложение П

Влияние уровня минерального питания на массу зерна овса, г/дм³.

Сорт	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
2020 г.					
Талисман	451	440	503	511	490
Отрада	537	548	556	560	538
Фома	530	540	560	520	520
2021 г.					
Талисман	433	435	450	435	433
Отрада	510	497	507	490	484
Фома	500	500	510	510	520
2022 г.					
Талисман	480	500	500	480	480
Отрада	577	586	590	630	577
Фома	546	580	610	620	600

Приложение Р

Влияние уровня минерального питания на плёнчатость овса, %

Сорт	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
2020 г.					
Талисман	26,7	25,5	24,3	25,8	25,4
Отрада	24,3	24,5	23,4	24,3	24,6
Фома	25,2	24,6	23,7	23,5	24,7
2021 г.					
Талисман	28,3	27,6	26,8	28,8	27,6
Отрада	25,7	22,6	22,0	25,0	24,2
Фома	26,3	26,0	24,4	23,2	24,5
2022 г.					
Талисман	26,4	26,5	23,8	23,4	25,0
Отрада	26,0	24,1	23,3	22,4	23,0
Фома	26,1	22,4	23,0	21,6	23,1

Приложение С

Содержание протеина в зерне различных сортов овса на разных агрофонах, %

Сорт	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 _{ср} ±SO	CV	X _{ср} ±SO	CV	X _{ср} ±SO	CV	X _{ср} ±SO	CV	X _{ср} ±SO	CV
2020 год										
Талисман	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
Отрада	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
Фома	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 год										
Талисман	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
Отрада	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
Фома	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 год										
Талисман	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	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	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
<p><i>Средняя погрешность составляет 0,17; точность эксперимента составляет 1,93%; разностная погрешность составляет 0,24 Критерий Стьюдента - 2; наименьшее значимое различие (SSD) - 0,48</i></p> <p><i>X_{ср} - среднее арифметическое; SO - стандартное отклонение; CV - коэффициент вариабельности; 2020 г. - умеренно влажный, жаркий; 2021 г. - очень сухой, жаркий; 2022 г. - умеренно влажный, теплый.</i></p>										

Приложение Т

Результаты трёхфакторного дисперсионного анализа содержания протеина в
зерне овса

Источник вариации	Сумма квадратов	Степени свободы	Дисперсия	F _{факт}	F _{теор}	Показатель силы влияния, %
Фактор А (уровень минерального питания)	484,5	4	121,1	520,1	2,4	63,6
Фактор В (сорт)	58,3	2	29,1	125,1	3,0	7,6
Фактор С (погодные условия)	58,4	2	58,4	250,7	3,9	7,7
Взаимодействие АВ	65,4	8	8,2	35,1	2,0	8,6
Взаимодействие АС	8,2	4	2,0	8,8	2,4	1,1
Взаимодействие ВС	29,7	2	14,9	63,8	3,0	3,9
Взаимодействие АВС	9,1	8	1,1	4,9	2,0	1,2

Приложение У

Содержание крахмала в зерне овса при различном агрофоне, %

Уровень агрофона										
Сорт	Естественный агрофон		Низкий N ₆₀ P ₂₀		Средний N ₉₀ P ₄₀		Высокий N ₁₅₀ P ₆₀		Очень высокий N ₂₀₀ P ₈₀	
	X _{ср} ±SO	CV	X _{ср} ±SO	CV	X _{ср} ±SO	CV	X _{ср} ±SO	CV	X _{ср} ±SO	CV
2020 г.										
Талисман	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
Отрада	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
Фома	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 г.										
Талисман	45,4±0,5	1	48,3±4,8	10	42,9±0,6	1	45,3±0,9	2	45,4±0,5	1
Отрада	42,9±0,6	1	43,3±0,7	2	45,9±1,1	2	43,0±0,9	2	42,9±0,6	1
Фома	47,2±2,7	6	46,8±1,3	3	44,7±1,1	2	46,5±2,4	5	48,7±2,0	1
2022 г.										
Талисман	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	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	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 _{ср} - среднее арифметическое; SO - стандартное отклонение; CV - коэффициент вариальности 2020 г. - умеренно влажный, жаркий; 2021 г. - очень сухой, жаркий; 2022 г. - умеренно влажный, теплый.										

Приложение Ф

Результаты трёхфакторного дисперсионного анализа содержания крахмала в
зерне овса

Источник вариации	Сумма квадратов	Степени свободы	Дисперсия	F _{факт}	F _{теор}	Показатель силы влияния, %
Фактор А (уровень минерального питания)	392,6	4	98,1	22,6	2,4	7,0
Фактор В (сорт)	189,8	2	94,9	21,8	3,0	3,4
Фактор С (погодные условия)	2023,6	1	2023,6	466	3,9	36,1
Взаимодействие АВ	396,9	8	49,6	11,4	2,0	7,1
Взаимодействие АС	543,3	4	135,8	31,3	2,4	9,7
Взаимодействие ВС	787,9	2	393,9	90,7	3,0	14,1
Взаимодействие АВС	351,4	8	43,9	10,1	2,0	6,3

Приложение Х

Содержание масла в зерне сортов овса при различном агрофоне, %

Сорт	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 _{ср} ±SO	CV	X _{ср} ±SO	CV	X _{ср} ±SO	CV	X _{ср} ±SO	CV	X _{ср} ±SE	CV
2020 г.										
Талисман	3,8±0,1	3	4,1±0,2	5	4,1±0,1	3	4,2±0,2	4	4,1±0,2	4
Отрада	5,4±0,2	5	5,7±0,3	6	5,9±0,4	8	5,9±0,4	7	5,9±0,3	5
Фома	4,3±0,2	4	4,2±0,1	3	4,4±0,2	4	4,5±0,2	5	4,5±0,2	4
2021 г.										
Талисман	4,0±0,1	3	4,2±0,2	5	4,1±0,2	5	4,1±0,1	2	4,2±0,2	4
Отрада	5,8±0,2	3	6,3±0,4	6	6,5±0,1	2	5,9±0,2	4	5,7±0,4	7
Фома	4,4±0,0	1	4,5±0,1	2	4,6±0,2	3	4,5±0,1	1	4,5±0,1	4
2022 г.										
Талисман	3,7±0,1	3	4,1±0,2	5	3,8±0,2	3	3,8±0,2	4	3,6±0,2	4
Отрада	5,1±0,2	5	5,5±0,3	6	6,0±0,1	7	5,7±0,2	6	5,5±0,1	4
Фома	4,2±0,0	4	4,2±0,1	3	4,2±0,2	4	4,0±0,1	5	4,0±0,2	4
<p><i>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</i></p> <p><i>X_{ср} - среднее арифметическое; SO - стандартное отклонение; CV - коэффициент вариальности 2020 г. - умеренно влажный, жаркий; 2021 г. – очень сухой, жаркий; 2022 г. - умеренно влажный, теплый.</i></p>										

Приложение Ц

Результаты трёхфакторного дисперсионного анализа содержания масла в
зерне овса

Источник вариации	Сумма квадратов	Степени свободы	Дисперсия	F _{факт}	F _{теор}	Показатель силы влияния, %
Фактор А (уровень минерального питания)	1,9	4	0,5	9,6	2,4	1,1
Фактор В (сорт)	148,3	2	74,2	1496,9	3,0	88,9
Фактор С (погодные условия)	1,3	1	1,3	27,1	3,9	0,8
Взаимодействие АВ	1,9	8	0,2	4,8	2,0	1,1
Взаимодействие АС	1,6	4	0,4	8,1	2,4	1,0
Взаимодействие ВС	0,7	2	0,3	6,7	3,0	0,4
Взаимодействие АВС	0,8	8	0,1	2,1	2,0	0,5

Приложение Ш

Динамика нитратного азота в слое 0-40 см чернозёма выщелоченного в годы исследований, мг/кг, 2020-2022 гг.

Вариант	Сорт	Год	Фенологическая фаза				
			Посев	Кущение	Вымётывание	Молочная спелость	Полная спелость
Естественный агрофон	Талисман	2020	4,1	10,7	3,1	3,5	4,6
		2021	5,9	15,0	6,8	7,0	3,5
		2022	3,8	8,9	2,8	3,3	4,0
		среднее	4,6	11,5	4,3	4,6	4,0
	Отрада	2020	4,1	8,4	3,7	4,1	3,7
		2021	6,3	10,8	6,2	7,0	4,8
		2022	4,5	7,8	2,2	3,0	3,8
		среднее	5,0	9,0	4,0	4,7	4,1
	Фома	2020	4,2	8,2	3,8	2,7	4,2
		2021	5,5	9,8	5,7	6,3	6,0
		2022	3,5	6,2	2,1	4,5	3,4
		среднее	4,4	8,1	3,9	4,5	4,5
Низкий N ₆₀ P ₂₀	Талисман	2020	4,6	17,7	7,7	4,5	3,1
		2021	6,5	10,4	9,5	3,8	3,1
		2022	4,0	19,6	6,9	2,7	3,5
		среднее	5,0	15,9	8,0	3,7	3,2
	Отрада	2020	4,4	17,4	8,0	3,4	2,9
		2021	6,1	8,8	10,1	2,8	2,8
		2022	4,2	16,7	5,4	3,7	2,4
		среднее	4,9	14,3	7,8	3,3	2,7
	Фома	2020	4,3	14,5	7,3	4,5	3,2
		2021	6,1	9,1	8,6	6,1	3,0
		2022	3,5	13,9	4,3	2,7	3,9
		среднее	4,6	12,5	6,7	4,4	3,4

продолжение приложения Ш

Средний №90Р40	Талисман	2020	4,5	26,5	11,7	5,3	4,1
		2021	5,2	10,6	11,5	6,8	4,4
		2022	3,8	24,9	7,9	3,4	3,4
		среднее	4,5	20,7	10,3	5,1	4,0
	Отрада	2020	4,2	20,7	7,5	4,1	3,4
		2021	5,7	9,8	10,1	7,1	4,8
		2022	4,1	17,2	6,6	3,1	3,3
		среднее	4,7	15,9	8,1	4,8	3,8
	Фома	2020	4,4	18,2	6,5	5,1	4,4
		2021	6,2	9,1	8,6	4,1	3,5
		2022	4,2	16,1	6,2	3,3	3,9
		среднее	4,9	14,5	7,1	4,2	3,9
Высокий №150Р60	Талисман	2020	4,5	37,3	15,3	6,6	3,8
		2021	6,1	20,3	19,9	12,9	7,8
		2022	3,8	34,8	10,5	4,5	3,1
		среднее	4,8	30,8	15,3	8,0	4,9
	Отрада	2020	4,6	28,5	12,4	4,2	3,7
		2021	5,9	14,1	16,2	10,9	4,8
		2022	4,1	22,4	6,7	3,8	2,9
		среднее	4,9	21,6	11,8	6,3	3,8
	Фома	2020	5,2	27,1	10,3	5,2	6,4
		2021	6,4	10,6	12,7	10,7	7,9
		2022	4,0	21,1	6,2	3,5	5,5
		среднее	5,2	19,6	9,7	6,5	6,6
Очень высокий №200Р80	Талисман	2020	3,6	44,7	20,3	14,2	16,3
		2021	6,0	23,2	17,1	10,3	9,5
		2022	3,7	38,8	14,3	9,2	10,5
		среднее	4,4	35,6	17,2	11,2	12,1
	Отрада	2020	4,6	40,1	18,3	9,9	8,6
		2021	5,9	20,9	15,3	12,4	9,8
		2022	3,7	32,1	10,6	7,4	8,6
		среднее	4,8	31,0	14,7	9,9	9,0
	Фома	2020	5,1	34,9	15,8	8,7	7,2
		2021	6,5	17,0	16,8	11,2	8,5
		2022	3,7	28,1	8,2	5,1	4,2
		среднее	5,1	26,7	13,6	8,3	6,6

Приложение Щ

Результаты дисперсионного анализа эффективности поглощения нитратного азота из почвы

Источник вариации	Дисперсия	F _{факт}	F _{теор}	ПСВ, %
Фактор А (уровень минерального питания)	52216,3	5712,3	2,4	54,9
Фактор В (сорт)	6522,0	713,5	3,1	3,4
Фактор С (погодные условия)	42921,5	4695,5	3,1	22,6
Взаимодействие АВ	2102,9	230,1	2,0	4,4
Взаимодействие АС	5874,9	642,7	2,0	12,4
Взаимодействие ВС	450,4	49,3	2,4	0,5
Взаимодействие АВС	370,0	40,5	1,7	1,6
F – критерий Фишера; ПСВ – показатель силы влияния				

Приложение Э

Динамика подвижного фосфора в слое 0-40 см чернозёма выщелоченного в годы исследований, мг/кг, 2020-2022 гг.

Вариант	Сорт	Год	Фенологическая фаза				
			Посев	Кущение	Вымётывание	Молочная спелость	Полная спелость
Естественный агрофон	Талисман	2020	71	77	57	42	42
		2021	70	76	54	37	39
		2022	72	76	61	40	45
		среднее	71	76	57	40	42
	Отрада	2020	72	81	61	41	42
		2021	73	71	51	37	36
		2022	72	82	61	42	45
		среднее	72	78	58	40	41
	Фома	2020	72	79	50	39	41
		2021	71	69	50	41	38
		2022	72	85	55	41	45
		среднее	71	78	52	40	41
Низкий N ₆₀ P ₂₀	Талисман	2020	75	76	53	42	40
		2021	69	67	57	42	44
		2022	74	80	61	41	42
		среднее	72	74	57	41	42
	Отрада	2020	73	78	52	42	40
		2021	69	68	54	43	40
		2022	75	81	51	41	44
		среднее	72	76	52	42	41
	Фома	2020	73	79	45	43	40
		2021	67	62	52	44	39
		2022	73	81	51	43	43
		среднее	71	74	49	43	41

Средний №90P ₄₀	Талисман	2020	87	95	62	57	53
		2021	76	77	67	68	67
		2022	87	96	63	54	54
		среднее	83	89	64	59	58
	Отрада	2020	83	91	58	46	46
		2021	75	80	68	55	57
		2022	85	91	53	44	44
		среднее	81	88	60	48	49
	Фома	2020	88	92	54	42	42
		2021	78	79	60	54	48
		2022	90	98	51	44	43
		среднее	85	90	55	47	44
Высокий №150P ₆₀	Талисман	2020	100	113	88	65	64
		2021	87	95	85	70	71
		2022	102	111	87	67	66
		среднее	96	106	87	67	67
	Отрада	2020	95	112	71	57	56
		2021	86	97	79	60	60
		2022	102	118	66	58	55
		среднее	94	109	72	58	57
	Фома	2020	95	118	79	47	50
		2021	90	97	83	57	58
		2022	99	120	68	53	52
		среднее	95	112	77	52	53
Очень высокий №200P ₈₀	Талисман	2020	103	117	77	74	71
		2021	91	99	88	80	76
		2022	108	128	87	70	71
		среднее	101	115	84	75	73
	Отрада	2020	108	108	69	66	67
		2021	92	94	70	67	66
		2022	109	122	75	65	64
		среднее	103	108	71	66	66
	Фома	2020	109	103	67	52	50
		2021	92	95	73	63	62
		2022	110	121	72	55	56
		среднее	103	106	71	57	56

Динамика подвижного калия в слое 0-40 см чернозёма выщелоченного в годы исследований, мг/кг, 2020-2022 гг.

Вариант	Сорт	Год	Фенологическая фаза					
			Посев	Кущение	Вымётывание	Молочная спелость	Полная спелость	
Естественный агрофон	Талисман	2020	175	174	174	174	167	
		2021	157	156	157	157	151	
		2022	169	167	162	162	155	
		среднее	167	165	165	164	157	
	Отрада	2020	170	168	164	166	159	
		2021	154	152	149	151	144	
		2022	175	172	167	170	162	
		среднее	166	164	160	162	155	
	Фома	2020	173	172	172	174	163	
		2021	156	155	155	157	150	
		2022	173	171	161	162	161	
		среднее	167	166	163	164	158	
	Низкий N ₆₀ P ₂₀	Талисман	2020	173	171	161	162	155
			2021	152	149	144	145	138
			2022	177	173	164	165	155
			среднее	167	164	156	157	150
Отрада		2020	172	169	161	162	155	
		2021	151	148	138	139	134	
		2022	176	173	163	164	158	
		среднее	166	163	154	155	149	
Фома		2020	172	168	160	161	153	
		2021	151	149	141	142	134	
		2022	177	174	161	161	158	
		среднее	166	163	154	155	148	
Средний N ₉₀ P ₄₀		Талисман	2020	181	176	158	157	152
			2021	154	151	140	141	135
			2022	187	182	168	168	158
			среднее	174	170	155	155	148
	Отрада	2020	179	175	156	156	152	
		2021	153	150	137	137	133	
		2022	188	184	166	165	161	
		среднее	173	170	153	153	148	
	Фома	2020	180	174	155	154	148	
		2021	157	154	143	144	137	
		2022	188	183	171	172	163	
		среднее	175	170	156	157	149	

Высокий №150Р ₆₀	Талисман	2020	198	191	166	163	159
		2021	173	170	162	163	156
		2022	204	197	168	166	158
		среднее	192	186	165	164	158
	Отрада	2020	193	188	171	171	166
		2021	176	172	159	159	154
		2022	198	192	176	175	165
		среднее	189	184	168	168	161
	Фома	2020	194	187	162	161	155
		2021	175	172	161	162	154
		2022	194	189	164	163	155
		среднее	188	183	163	162	155
Очень высокий №200Р ₈₀	Талисман	2020	197	189	157	154	148
		2021	170	166	156	157	150
		2022	203	194	157	155	147
		среднее	190	183	156	155	148
	Отрада	2020	192	185	153	150	144
		2021	178	174	163	163	156
		2022	192	185	161	159	150
		среднее	187	181	159	157	150
	Фома	2020	188	181	159	157	148
		2021	175	172	159	160	151
		2022	193	185	152	149	145
		среднее	185	179	157	155	148

Приложение Я

Биоэнергетическая эффективность выращивания овса при различном уровне минерального питания, 2020 г.

Показатель	Вариант				
	Естественный агрофон	Низкий N ₆₀ P ₂₀	Средний N ₉₀ P ₄₀	Высокий N ₁₅₀ P ₆₀	Очень высокий N ₂₀₀ P ₈₀
Сорт Талисман					
Затраты совокупной энергии, мДж	14367	22996	25233	32975	38589
Выход валовой энергии в урожае, мДж	26096	56270	70296	89216	91662
Энергетический коэффициент	1,8	2,4	2,8	2,7	2,4
Приращение валовой энергии, мДж	11729	33273	45063	56241	53074
Сорт Отрада					
Затраты совокупной энергии, мДж	14367	22996	25233	32975	38589
Выход валовой энергии в урожае, мДж	26096	56270	70296	89216	91662
Энергетический коэффициент	1,8	2,4	2,8	2,7	2,4
Приращение валовой энергии, мДж	11729	33273	45063	56241	53074
Сорт Фома					
Затраты совокупной энергии, мДж	14367	22996	25233	32975	38589
Выход валовой энергии в урожае, мДж	26096	56270	70296	89216	91662
Энергетический коэффициент	1,8	2,4	2,8	2,7	2,4
Приращение валовой энергии, мДж	11729	33273	45063	56241	53074

Приложение АА

Биоэнергетическая эффективность выращивания овса при различном уровне минерального питания, 2021 г.

Показатель	Вариант				
	Естественный агрофон	Низкий N ₆₀ P ₂₀	Средний N ₉₀ P ₄₀	Высокий N ₁₅₀ P ₆₀	Очень высокий N ₂₀₀ P ₈₀
Сорт Талисман					
Затраты совокупной энергии, мДж	14367	22996	25233	32975	38589
Выход валовой энергии в урожае, мДж	19898	41427	42895	40286	37513
Энергетический коэффициент	1,4	1,8	1,7	1,2	1,0
Приращение валовой энергии, мДж	5531	18431	17663	7311	1076
Сорт Отрада					
Затраты совокупной энергии, мДж	14367	22996	25233	32975	38589
Выход валовой энергии в урожае, мДж	25770	51213	52844	52844	50724
Энергетический коэффициент	1,8	2,2	2,1	1,6	1,3
Приращение валовой энергии, мДж	11403	28217	27612	19869	12135
Сорт Фома					
Затраты совокупной энергии, мДж	14367	22996	25233	32975	38589
Выход валовой энергии в урожае, мДж	25933	51050	52029	54802	54802
Энергетический коэффициент	1,8	2,2	2,1	1,7	1,4
Приращение валовой энергии, мДж	11566	28054	26796	21827	16213

Приложение АБ

Биоэнергетическая эффективность выращивания овса при различном уровне минерального питания, 2022 г.

Показатель	Вариант				
	Естественный агрофон	Низкий N ₆₀ P ₂₀	Средний N ₉₀ P ₄₀	Высокий N ₁₅₀ P ₆₀	Очень высокий N ₂₀₀ P ₈₀
Сорт Талисман					
Затраты совокупной энергии, мДж	14367	22996	25233	32975	38589
Выход валовой энергии в урожае, мДж	32294	52029	61815	73232	75842
Энергетический коэффициент	2,2	2,3	2,4	2,2	2,0
Приращение валовой энергии, мДж	17927	29032	36582	40257	37253
Сорт Отрада					
Затраты совокупной энергии, мДж	14367	22996	25233	32975	38589
Выход валовой энергии в урожае, мДж	33436	54639	67850	85464	84812
Энергетический коэффициент	2,3	2,4	2,7	2,6	2,2
Приращение валовой энергии, мДж	19068	31642	42617	52489	46223
Сорт Фома					
Затраты совокупной энергии, мДж	14367	22996	25233	32975	38589
Выход валовой энергии в урожае, мДж	32294	57085	69318	87095	87095
Энергетический коэффициент	2,2	2,5	2,7	2,6	2,3
Приращение валовой энергии, мДж	17927	34089	44085	54120	48507