

На правах рукописи

МАЛЮТИНА КАТЕРИНА ВАЛЕРЬЕВНА

**КОРМОВЫЕ КАЧЕСТВА ЗЕРНА ОЗИМОЙ РЖИ И ПРИЕМЫ
ИХ ПОВЫШЕНИЯ**

06.01.01 – общее земледелие, растениеводство

Автореферат

**диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук**

Уфа – 2018

Диссертационная работа выполнена на кафедре растениеводства и земледелия факультета агротехнологий и лесного хозяйства ФГБОУ ВО Башкирский государственный аграрный университет в 2013-2018 гг.

Научный руководитель: **Исмагилов Рафаэль Ришатович**
доктор сельскохозяйственных наук,
профессор

Официальные оппоненты: **Елисеев Сергей Леонидович**
доктор сельскохозяйственных наук,
профессор кафедры растениеводства
ФГБОУ ВО Пермская ГСХА
им. академика Д.Н. Прянишникова, г. Пермь
Маннапова Гульназ Сулеймановна
кандидат сельскохозяйственных наук,
старший научный сотрудник отдела
селекции озимых культур
ТатНИИСХ обособленное структурное подразделение ФИЦ КазНИЦ РАН, г. Казань

Ведущая организация: ФГБОУ ВО Самарская государственная сельскохозяйственная академия, п. г. т. Усть-Кинельский

Защита состоится 19 декабря 2018 г. в 13.00 часов на заседании диссертационного совета Д 220.003.01. при ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ по адресу: 450001, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, 34, ауд. 222/1.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ.

Автореферат разослан « » и размещен на официальном сайте Министерства образования и науки Российской Федерации vak.ed.gov.ru и ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ www.bsau.ru.

Отзывы на автореферат просим направлять в двух экземплярах с печатью организации и заверенными подписями по адресу: 450001, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, 34, ученому секретарю диссертационного совета Д 220.003.01 Р.Р. Гайфуллину.

Факс: (347) 228-08-98

E mail: gayfullin@bk.ru

Ученый секретарь
диссертационного совета, доктор
сельскохозяйственных наук, доцент



Р.Р. Гайфуллин

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Озимая рожь важная зерновая культура в Российской Федерации, в том числе и в Республике Башкортостан. Ежегодно в республике она возделывается на площади 300-350 тыс. га. Её высокая адаптивная способность, стабильно давать высокие урожаи зерна на почвах различного уровня плодородия, агротехническая значимость в севообороте и в сырьевом конвейере, характеризуют озимую рожь как культуру низкого экономического риска (Жученко А.А., 2009; Сысуев В.А., 2011). Несмотря на это в последние годы происходит сокращение посевных площадей и соответственно объема производства зерна озимой ржи в Российской Федерации, что вызвано снижением спроса на зерно данной культуры. Одним из основных резервов увеличения спроса на зерно ржи является увеличение его доли в рационе кормления сельскохозяйственных животных. По зоотехническим нормам в рационе кормления животных доля зерна ржи ограничена. В составе комбикормов зерна ржи для жвачных животных, свиней и птицы допускается всего, соответственно, 20-30%, 20% и 5-7 %, фактически использование зерна ржи комбикормовой промышленностью в концентрированных кормах еще меньше (3-5%) (Фицев А.И., Косолапов В.М., 2007). Зерно ржи по содержанию питательных веществ и энергоемкости практически не отличается от других зерновых злаковых культур, а содержание незаменимой аминокислоты лизина больше. Основной причиной ограниченного применения зерна ржи в качестве корма является содержание в нем антипитательных веществ, в частности пентозанов. Ржаное зерно содержит намного больше, чем другие зерновые пентозанов и в том числе водорастворимых, соответственно 7-10% и 1,5-3,1% (Miller D.F., 1958; Кретович В.Л., 1980).

Известен ряд способов повышения кормовых свойств зерна. В тоже время практически отсутствуют результаты исследований влияния агрометеорологических условий произрастания растений, экструдирования и обработки электромагнитным полем сверхвысокой частоты (далее в автореферате ЭМП СВЧ) на содержания в зерне озимой ржи антипитательных веществ, что не позволяет разработать приемы повышения его кормовых свойств. В связи с этим, исследования кормовых качеств зерна озимой ржи и разработка приемов их повышения направлены на решение актуальной проблемы экономики страны.

Исследования проводились в рамках научно-исследовательской темы Башкирского ГАУ «Научные основы и технологии производства продукции

растениеводства для разного целевого использования» (государственный регистрационный №01201058939).

Степень разработанности темы. Исследования качества и использования зерна озимой ржи для кормовых целей проводили С.Н. Хохрин (2003), В.М. Косолапов (2004), А.А. Гончаренко (2005, 2007, 2008), В.М. Фицев (2007), В.А. Сысуев (2004, 2007, 2011, 2014), А.Ф. Кайдалов (2006, 2008), В.А. Кавардаков (2006) Исмагилов Р.Р. (2005, 2012). Селекционную работу по повышению кормовых качеств зерна озимой ржи проводят В.Д. Кобылянский и О.В. Солодухина (2009), С.Н. Пономарев (2013, 2014), М.Л. Пономарева и Г.С. Маннапова (2016), К.А. Галимов и Г.Н. Потапова (2017). Повышение питательности зерна ржи путем экструдирования исследовали А.И. Зверев (1988, 2008), М.А. Янова (2011), Л.И. Кедрова и В.Г. Косолапов (2003). А.В. Лыков (1963). Установлено изменение содержания белка и крахмала в зерне, повышение питательности и усвояемости экструдированного зерна. В.Д. Каун (2009) изучал применение ЭМП СВЧ в целях сушки зерна, В.И. Пахомовым (1988) был определен механизм влагопереноса в зерне при сушке ЭМП СВЧ. В тоже время в научной литературе отсутствуют результаты исследований влияния агрометеорологических условий произрастания растений, экструдирования и обработки электромагнитным полем сверхвысокой частоты на содержания в зерне озимой ржи антипитательных веществ.

Цель исследований состояла в разработке эффективных приемов повышения кормовых качеств зерна озимой ржи за счет снижения содержания в нем антипитательных веществ.

Задачи исследований:

- выявить характер влияния природных условий на кормовые свойства зерна озимой ржи;
- определить кормовые качества зерна сортов разного экологического происхождения;
- изучить изменение содержания водорастворимых пентозанов и кинематической вязкости водного экстракта под воздействием ЭМП СВЧ;
- определить содержание белка, крахмала и минеральных веществ в зерне озимой ржи после обработки ЭМП СВЧ;
- изучить изменение содержания водорастворимых пентозанов и кинематической вязкости водного экстракта зерна при экструдировании;
- определить изменение числа падения, содержания крахмала и раствори-

мых углеводов в зерне озимой ржи при экструдировании;

- определить содержание белка и минеральных веществ в экструдате зерна озимой ржи;

- провести экономическую оценку эффективности использования фуража с введением обработанного ЭМП СВЧ и экструдированного зерна ржи и пшеницы

Научная новизна. В результате проведенных исследований впервые определен характер влияния почвенно-климатических условий на содержание водорастворимых пентозанов и вязкость водного экстракта зерна озимой ржи, показано отличие кормовых качеств зерна сортов озимой ржи разного экологического происхождения. Установлен характер снижения содержания антипитательных веществ – водорастворимых пентозанов и кинематической вязкости водного экстракта зерна озимой ржи при обработке зерна в зависимости от мощности и продолжительности воздействия ЭМП СВЧ. Установлено значительное снижение содержания водорастворимых пентозанов и кинематической вязкости водного экстракта, некоторое уменьшение содержания крахмала и повышение растворимых углеводов, незначительное изменение содержания минеральных веществ в зерне озимой ржи в результате экструдирования. Показано повышение экономической эффективности ввода в состав рациона кормления крупного рогатого скота обработанного ЭМП СВЧ и экструдированного зерна озимой ржи.

Практическая значимость работы. Практическое значение результатов исследований заключается в рекомендации размещения посевов озимой ржи для кормовых целей преимущественно в лесостепном агроландшафте. Предложено повышение кормовых качеств зерна озимой ржи путем обработки ЭМП СВЧ и экструдированием за счет снижения содержания антипитательных веществ (водорастворимых пентозанов). Экструдирование зерна ржи внедрено в ООО Племзавод «Россия» Дюртюлинского района Республики Башкортостан (акт внедрения от 17 апреля 2017). Введение экструдированного зерна озимой ржи в рацион кормления позволило удешевить стоимость зернофуража на 8,3%.

Результаты исследования используются в учебном процессе при преподавании дисциплин «Растениеводство» и «Управление качеством продукции растениеводства» в ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ.

Основные положения, выносимые на защиту.

1. Содержание водорастворимых пентозанов и вязкость водного экстрак-

та зерна озимой ржи повышается при продвижении с лесостепного к степному агроландшафту.

2. Кормовые свойства зерна сортов разного экологического происхождения (сорт Чулпан 7 и Графиня) по ряду показателей отличаются между собой.

3. Содержание антипитательных веществ в зерне и кинематическая вязкость водного экстракта зерна озимой ржи снижаются по мере повышения мощности и экспозиции воздействия ЭМП СВЧ.

4. Число падения зерна закономерно повышается по мере увеличения продолжительности и мощности обработки ЭМП СВЧ. Существенного изменения содержания минеральных веществ в зерне при обработке ЭМП СВЧ не происходит.

5. Содержание водорастворимых пентозанов и кинематическая вязкость водного экстракта зерна ржи в результате экструдирования значительно снижаются.

7. В результате экструдирования происходит сравнительно небольшое уменьшение содержания крахмала, значительное повышение содержания растворимых углеводов и числа падения зерна, незначительное изменение содержания минеральных веществ (фосфора, кальция и в целом золы) в зерне озимой ржи.

8. Введение в состав зернофуража для крупного рогатого скота зерна озимой ржи, обработанного ЭМП СВЧ и экструдированного снижает его стоимость и повышает рентабельность.

Степень достоверности и апробация результатов. Основные положения и выводы исходят из результатов трехлетних экспериментальных исследований, проведенных надежными методами, а также практические рекомендации обоснованы экономической оценкой.

Результаты исследований доложены на научно-практических конференциях: «Молодежная наука и АПК: проблемы и перспективы», Уфа, 2014 г.; «Аграрная наука в инновационном развитии АПК», Уфа, 2015 г.; Международная научно-практическая конференция в рамках XXVI международной специализированной выставки «Агрокомплекс – 2016», Уфа, 2016 г.; Региональный образовательный форум «Смарт-Тау», Уфа, 2016 г.; Международный конгресс организаций стран «Greentech», Тамбов, 2016 г., Региональный тур трека AGROBIOTECH&FOOD федерального акселератора GENERATIONS, Уфа 2016; Молодежный форум iВолга, федеральная площадка смены «Инновации и

техническое творчество», Самара, 2016 г.; Международная научно-практическая конференция в рамках XXVII международной специализированной выставки «Агрокомплекс – 2017», Уфа, 2017 г.; Региональный образовательный форум «Смарт-Тау», Уфа, 2017 г.; Молодежный форум iВолга, федеральная площадка смены «Инновации и экология», Самара, 2017 г.; II тур Всероссийского молодежного научного конгресса «Россия. Экология. Энергосбережение», Самара, 2017 г.; Федеральная площадка «Молодые аграрии: Агро-экология», Ростов-на-Дону, 2017 г.; Современное состояние, традиции и инновационные технологии в развитии АПК в рамках XXVIII международной специализированной выставки «Агрокомплекс – 2018». Уфа, 2018 г.; Удостоена призовых мест во Всероссийском конкурсе на лучшую научную работу среди студентов, аспирантов и молодых ученых высших учебных заведений Минсельхоза России, 2016 г. (Уфа, Ижевск, Кинель). Работа доложена на инновационной площадке Правительства РБ. Практические разработки прошли апробацию в рамках акселерационной программы «Путеводитель по инновациям 2.0».

По теме диссертации опубликовано 13 научных работ, в том числе 2 статьи в изданиях рекомендованных ВАК РФ, 1 статья в базе данных Scopus.

Личный вклад автора. Автором самостоятельно разработана рабочая программа исследований, проведены полевые и лабораторные опыты, полевые наблюдения и лабораторные анализы, статистическая обработка и обобщение полученных экспериментальных данных.

Объем и структура работы. Диссертация изложена на 143 страницах в компьютерном исполнении, состоит из введения, 3 глав, заключения и рекомендаций производству. Содержит 53 таблицы, 33 рисунка. Библиографический список включает 224 наименования, из них 21 иностранных авторов.

1. КОРМОВЫЕ КАЧЕСТВА ЗЕРНА ОЗИМОЙ РЖИ И ПРИЕМЫ ИХ ПОВЫШЕНИЯ (обзор литературы)

Изложен аналитический обзор научной информации о кормовых качествах зерна озимой ржи. Процессах влияния на качество зерна погодных условий вегетации растений, особенности кормовых свойств сортов озимой ржи. Приводится информация о механизме влияния ЭМП СВЧ на живые организмы и в том числе на семена сельскохозяйственных культур, состояние изученности влияния экструдирования на химический состав и инфицированность зерна.

2 ОБЪЕКТ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектом исследования было зерно озимой ржи (*Secale cereale* L.) сортов Чулпан 7 и Графиня. Для реализации цели исследования проводили полевые и лабораторные опыты, лабораторные анализы качества зерна озимой ржи, экономическую оценку разработанных приемов повышения кормовых качеств зерна озимой ржи.

Полевой опыт 1. Влияние природных условий на кормовые качества зерна озимой ржи. Схема опыта состояла из размещения посева озимой ржи сорта Чулпан 7 на территории 4-х природных зон Республики Башкортостан: северная лесостепь; северо-восточная лесостепь; южная лесостепь; предуральская степь. Размер делянок 200 м² в трехкратной повторности в каждой зоне.

Полевой опыт 2. Урожайность и кормовые качества зерна сортов разного экологического происхождения. Схема опыта: 1 – сорт озимой ржи Чулпан 7; 2 – сорт озимой ржи Графиня. Размер делянок 50 м². Повторность вариантов трехкратная, размещение систематическое. Опыт проводили в 2014-2016 гг. на опытном поле кафедры растениеводства и земледелия в Учебно-научном центре ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ (южная лесостепная зона Республики Башкортостан).

Лабораторный двухфакторный опыт 1. Влияние обработки зерна озимой ржи электромагнитным полем сверхвысокой частоты (ЭМП СВЧ) (таблица 1).

Таблица 1– Схема лабораторного опыта 1

Фактор А (мощность, Вт)	Фактор В (продолжительность)				
	1 мин	1 мин 30 с	2 мин	2 мин 30 с	3 мин
	Номер варианта				
280	1	2	3	4	5
420	6	7	8	9	10
560	11	12	13	14	15
700	16	17	18	19	20

Схема опыта: фактор А – мощность ЭМП СВЧ (диапазон от 280 Вт до 700 Вт); фактор В – время (продолжительность воздействия ЭМП СВЧ от 1 до 3-х минут). Зерно без воздействия ЭМП СВЧ (контроль). Схема опыта включала 20 вариантов в трехкратной повторности. Обработку зерна ЭМП СВЧ проводили на установке LG MS-2042G

Лабораторный опыт 2. Влияние экструдирования на кормовые качества

зерна озимой ржи. Схема опыта: 1. Зерно озимой ржи без экструдирования (контроль); 2. Экструдирование зерна озимой ржи. Опыт проводили в ООО «Россия» Дюртюлинского района Республики Башкортостан. Экструдирование зерна проводили на установке МКП-30-500 под давлением 40-60 атмосфер и температуре 140-150 °С.

Анализ качества зерна проводили в Лаборатории биохимического анализа и биотехнологий Башкирского ГАУ. Отбор проб и выделение навески зерна проводили по ГОСТ 13586.3-83, муки – по ГОСТ 13586.5-85. Определение числа падения проводили по ГОСТ 27676-88, кинематическую вязкость водного экстракта зерна – капиллярным вискозиметром ВПЖ-1, содержание водорастворимых пентозанов в зерне – орцинол-хлоридным методом (Albaum H.G., Umbreit W.W., 1947) модифицированным Hashimoto S. (1987), влажность зерна после обработки ЭМП СВЧ – влагомером Wile-65, температуру зерна – пирометром АКПП- 9309, содержание крахмала – поляриметрическим методом по ГОСТ 10845-98, содержание белка – по ГОСТ 10846-91, зольность зерна – сжиганием образца зерна с последующим определением массы несгораемого остатка, содержание фосфора в зерне – ванадно-молибдатным, калия – пламенно фотометрическим, содержание кальция – трилонометрическим методом с флуорексаном ГОСТ 26570-95, содержание растворимых углеводов – по ГОСТ 26570-95. Существенность разницы урожайности между вариантами оценивали дисперсионным анализом (Доспехов Б.А., 2011). Графический анализ данных проводили при помощи компьютерной программы Excel.

3 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1 Изменчивость кормовых свойств зерна озимой ржи в зависимости от природных условий

Исследования показали, что содержание водорастворимых пентозанов в зерне озимой ржи в значительной мере зависит от природных условий возделывания растений. Оно изменялось по зонам республики от 2,72 (северная зона) до 3,26 % (предуральская зона). Наибольшая разница в содержании пентозанов в зерне по зонам составила в 1,2 раз (20 %). Величина данного показателя повышается по зонам в следующем порядке: северная лесостепь, северо-восточная лесостепь, южная лесостепь, предуральская степь. Вязкость водного экстракта зерна также изменялась в значительных пределах (от 16,12 до 44,80 сСт). Наибольшая

разница величины данного показателя по зонам составила в 2,8 раз.

Наибольшее количество белка в зерне ржи (12,39 %) образуется в условиях предуральской степи, наименьшее (8,69 %) – в северной лесостепной зоне республики. Содержание крахмала в зерне ржи, выращенного в разных природных зонах отличается незначительно и составляет 57,00-58,06 % за исключением северо-восточной лесостепи. Согласно нашим данным в природных условиях территории Республики Башкортостан формируется зерно ржи с сравнительно высоким содержанием крахмала. Содержание клетчатки в зерне озимой ржи изменялось от 1,92 (северо-восточная лесостепь) до 2,08 % (южная лесостепь). Наблюдается некоторое повышение содержания клетчатки при продвижении с северо-восточной лесостепной к степной зоне. Содержание фосфора в зерне озимой ржи в зависимости от зоны возделывания изменялось от 0,224 до 0,345 %, калия – от 0,398 до 0,461 % и кальция – от 0,056 до 0,074 %. Прослеживается некоторое снижение содержания фосфора и калия в зерне озимой ржи при продвижении с лесостепи в степь, а кальция, наоборот, – с степи в лесостепь.

3.2 Урожайность и кормовые качества зерна сортов озимой ржи

3.2.1 Урожайность зерна сортов озимой ржи

В зависимости от года урожайность менялась от 2,84 до 3,19 т/га у сорта Чулпан 7 и от 2,63 до 3,01 т/га у сорта Графиня. Наибольшая урожайность зерна сорта Чулпан 7 формировалась в 2016 году и составила 3,19 т/г, несмотря на сравнительно низкую зимостойкость (3,5 балла) по сравнению с другими годами. Наименьшая урожайность формировалась в 2014 году и составила 2,84 т/га. Урожайность сорта Графиня также изменялась по годам. Так, урожайность зерна данного сорта в 2014 г. была наименьшей и составила 2,63 т/га, а в 2015 г. была максимальной и составила 3,01 т/га. В среднем за три года урожайность сортов Чулпан 7 и Графиня составила 3,03 и 2,87 т/га, соответственно. Из трех лет в двух годах урожайность районированного сорта озимой ржи Чулпан 7 была статистически существенно выше урожайности сорта Графиня.

3.2.2 Кормовые качества зерна сортов озимой ржи

В годы исследования (2014-2016 гг.) наблюдалось межсортовая изменчивость кормовых качеств зерна озимой ржи. У сорта Графиня (3,87%) по сравнению с сортом Чулпан 7 (4,02%) формировалось зерно с более низким содержанием

ем водорастворимых пентозанов. Кинематическая вязкость водного экстракта зерна у сорта Графиня (23,22 сСт) также была ниже, чем у сорта Чулпан 7 (38,44 сСт). Число падения, как показатель состояния крахмала у сорта графиня была выше сорта Чулпан 7 (таблица 2). В целом за 3 года по содержанию белка, крахмала и фосфора существенного различия между сортами не наблюдалась.

Таблица 2– Кормовые качества зерна сортов озимой ржи.

Год	Число падения, с	Вяз-кость водного экстракта, сСт	Содержание, %				
			водораство-римые пенто-заны	белок	крах-мал	фосфор	каль-ций
Сорт Чулпан 7							
2014	97	37,76	4,01	10,10	55,01	0,314	0,056
2015	64	11,02	3,81	10,31	54,98	0,223	0,076
2016	173	66,55	4,23	9,65	57,13	0,215	0,081
В среднем за 2014-2016 гг.	111	38,44	4,02	10,02	55,71	0,251	0,071
Сорт Графиня							
2014	120	26,98	3,93	10,15	55,30	0,319	0,053
2015	90	17,08	3,69	10,39	53,12	0,226	0,064
2016	180	25,59	3,99	9,61	58,11	0,211	0,079
В среднем за 2014-2016 гг.	130	23,22	3,87	10,05	55,51	0,252	0,065

3.3 Качество зерна озимой ржи после обработки электромагнитным полем СВЧ

3.3.1 Температура зерна после обработки электромагнитным полем сверхвысокой частоты

Исследования показали, что обработка зерна озимой ржи ЭМП СВЧ повышает его температуру в разной степени в зависимости от мощности и продолжительности обработки. Среднее минимальное изменение температуры составило 18,9 °С, максимальное – 129 °С, при обработке мощностью 280 Вт в течение 1 минуты.

3.3.2 Влажность зерна при обработке электромагнитным полем СВЧ

Исследования показали с повышением мощности и продолжительности обработки ЭМП СВЧ влажность зерна озимой ржи уменьшается. Наибольшее

снижение влажности зерна (в зависимости от исходной влажности на 2,8-4,1%) произошло при мощности 700 Вт и продолжительности обработки 3 мин. Следует отметить, при мощности 280 Вт, наоборот, наблюдалось некоторое увеличение влажности зерна. Вероятно, это происходило из-за того, что влага нижних слоев зерна при данной мощности не успевала испариться.

3.3.3 Число падения зерна

Из результатов исследований следует закономерное увеличение числа падения зерна изученных сортов озимой ржи в зависимости от продолжительности обработки и повышения мощности ЭМП СВЧ. У сорта Чулпан 7 как и у сорта Графиня максимальное увеличение числа падения зерна произошло в варианте 20, при параметрах обработки ЭМП СВЧ 700 Вт в течение 3-х минут. В среднем за 3 года число падения зерна озимой ржи сорта Чулпан 7 изменялось со 111 до 370 с, сорта Графиня – с 130 до 402 с.

3.3.4 Кинематическая вязкость водного экстракта зерна

Кинематическая вязкость водного экстракта является косвенным показателем содержания водорастворимых пентозанов. Этот метод является надежным и проверенным показателем содержания водорастворимых пентозанов, следовательно, кормовых качеств зерна (Гончаренко А.А., 2005).

В наших исследованиях в 2014 г. кинематическая вязкость зерна сорта Чулпан 7 контрольного варианта составляла 37,76 сСт. При обработке зерна ЭМП СВЧ мощностью 280 Вт кинематическая вязкость зерна незначительно снижалась. При нагреве зерна до 137 °С (вариант 20 – мощность 700 Вт, экспозиция 3 минуты) было зафиксировано максимальное снижение кинематической вязкости – 4,77 раза и составило 7,91 сСт.

В 2015 году кинематическая вязкость контрольного варианта составляла 11,02 сСт. Минимальное снижение вязкости зафиксировано в первом варианте (9,58 сСт), максимальное снижение (7,08 сСт или в 1,4 раза) – в варианте 20 (мощность 700 Вт и экспозиция 3 минуты).

В 2016 году кинематическая вязкость при обработке ЭМП СВЧ мощностью 700 Вт и экспозицией 3 минуты было зафиксировано максимальное снижение кинематической вязкости, она снизилась в 2,5 раза и составила 26,96 сСт (рисунок 1).

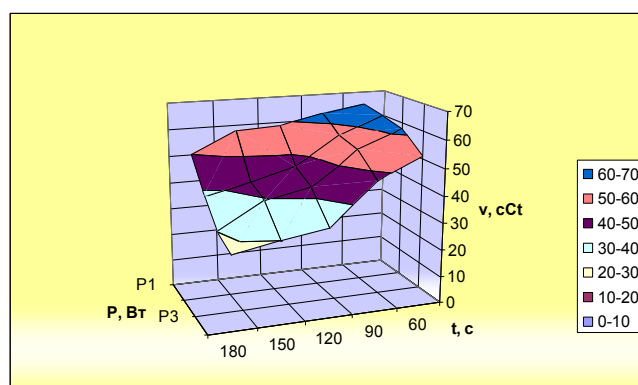


Рисунок 1 Кинематическая вязкость зерна озимой ржи в зависимости от продолжительности и мощности обработки ЭМП СВЧ (сорт Чулпан 7, 2016 г.)

Кинематическая вязкость водного экстракта зерна озимой ржи сорта Графиня аналогично снижалась по мере увеличения мощности и продолжительности обработки зерна ЭМП СВЧ.

3.3.5 Содержание водорастворимых пентозанов в зерне озимой ржи

Содержание водорастворимых пентозанов в зерне озимой ржи сорта Чулпан 7 (2014 г.) в контрольном варианте составляло 4,01 %. Максимальное снижение водорастворимых пентозанов было отмечено при обработке ЭМП СВЧ мощностью 700 Вт и экспозицией 3 минуты. Их содержание снизилось до 2,71%. В 2015 г. содержание водорастворимых пентозанов в контрольном варианте составляло 3,81 % и оно снизилось до 2,35 % в варианте с обработкой ЭМП СВЧ мощностью 700 Вт и продолжительностью 3 минуты (рисунок 2). В 2016 г. произошло аналогичное снижение содержания водорастворимых пентозанов в зерне озимой ржи. В среднем за 3 года содержание водорастворимых пентозанов в зерне озимой ржи снижалось с 4,02 % (контрольный вариант) до 2,72 % (ЭМП СВЧ мощность 700 Вт и экспозиция 3 минуты) (таблица 3).

Таблица 3 – Содержание водорастворимых пентозанов в зерне озимой ржи после обработки ЭМП СВЧ, % (в среднем за 2014-2016 гг., сорт Чулпан 7).

Мощность, Вт	Продолжительность обработки, мин				
	1 мин	1 мин 30 с	2 мин	2 мин 30 с	3 мин
280	3,81	3,75	3,6	3,54	3,46
420	3,75	3,6	3,5	3,35	3,23
560	3,29	3,21	3,15	3,13	3,01
700	3,01	2,95	2,84	2,79	2,72

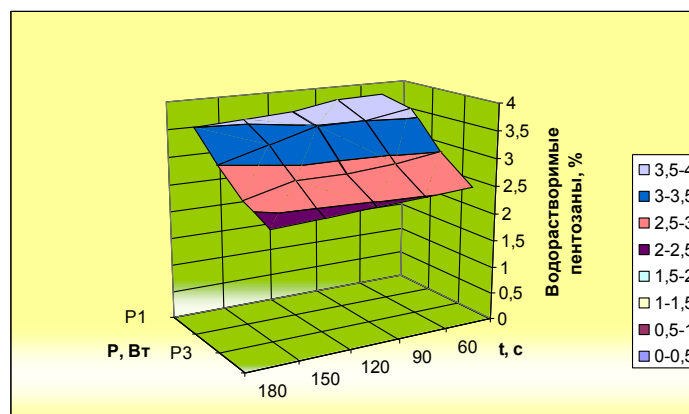


Рисунок 2 – Содержание водорастворимых пентозанов в зерне озимой ржи в зависимости от продолжительности и мощности обработки ЭМП СВЧ(сорт Чулпан 7, 2015 г.)

Содержание водорастворимых пентозанов в зерне сорта Графиня также как и у сорта Чулпан 7 закономерно снижалось с увеличением мощности и продолжительности обработки зерна ЭМП СВЧ.

3.3.6 Содержание азота, белка и крахмала в зерне

Результаты исследований показали, что содержание азота в зерне озимой ржи при воздействии ЭМП СВЧ практически остается неизменным (максимальная разница между вариантами составила 0,07 %) и в среднем за 3 года варьировало от 1,76 до 1,83 %. Содержание белка также изменялось незначительно. В среднем за 3 года содержание белка варьировало от 9,95 до 10,24 %.

В среднем за 3 года содержание крахмала в зерне озимой ржи после обработки ЭМП СВЧ уменьшилось с 55,71 (контрольный вариант) до 50,37 % (вариант с мощностью 700 Вт и экспозицией 3 минуты). Снижение крахмала обусловлено тем, что с увеличением мощности и продолжительности времени воздействия ЭМП СВЧ увеличивается температура зерна и это приводит к декстринизации крахмала с образованием водорастворимых сахаров.

3.3.7 Содержание минеральных веществ в зерне

Содержание фосфора в зерне озимой ржи по вариантам опыта с обработкой ЭМП СВЧ в среднем за 3 года изменялось в пределах 0,211-0,255%, максимальная разница между вариантами составила 0,044 %. Не наблюдалось закономерного изменения содержания фосфора в зависимости от мощности и продолжительности воздействия ЭМП СВЧ. Содержание кальция в зерне озимой

ржи после обработки ЭМП СВЧ варьировало в пределах 0,069-0,075 %, максимальная разница между вариантами составила 0,006 %. Содержание золы в зерне после обработки ЭМП СВЧ по вариантам опыта колебалось от 1,61 до 1,68%, максимальная разница между контрольным вариантом и обработанным зерном составила 0,068 %. Следовательно, обработка ЭМП СВЧ существенного закономерного влияния на содержание фосфора, кальция и в целом золы в зерне озимой ржи не оказала.

3.4 Изменение качества зерна ржи после экструдирования

3.4.1 Коэффициент взорванности экструдированного зерна

По нормативам коэффициент взорванности экструдата должен быть не менее 4. Максимальное значение коэффициента взорванности было отмечено в 2016 г., он составил 6,1. Наименьшее значение было в 2015 г. – 5,3. В среднем за 3 года исследований коэффициент взорванности превышал нормативный коэффициент на 1,7 и составил 5,7. Что говорит о хорошем качестве экструдата.

3.4.2 Содержание водорастворимых пентозанов в экструдированном зерне озимой ржи

Содержание основного антипитательного вещества зерна ржи – водорастворимых пентозанов экструдированного зерна было ниже величины данного показателя исходного зерна во все годы исследований (таблица 4). В 2014 г. содержание водорастворимых пентозанов контрольного варианта составляло 3,42 %, после экструдирования оно снизилось на 0,85 % и составило 2,57 %. В 2015 г. содержание водорастворимых пентозанов после экструдирования снизилось на 1,12 % и составило 2,98 %. В 2016 г. содержание водорастворимых пентозанов в зерне контрольного варианта составляло 3,63 %, в экструдированном зерне этот показатель снизился на 0,94 % и составил 2,69%. В среднем за 3 года содержание водорастворимых пентозанов в зерне озимой ржи в процессе экструдирования снизилось в 1,3 раза.

3.4.3 Кинематическая вязкость водного экстракта экструдированного зерна

Кинематическая вязкость водного экстракта зерна озимой ржи в результате экструдирования значительно снижалась.

В 2014 г. кинематическая вязкость водного экстракта контрольного варианта составляла 44,39 сСт, после того как зерно озимой ржи подверглось экструзии она снизилась в 4,27 раза и составила 10,40 сСт (таблица 4). В 2015 г. кинематическая вязкость до экструдирования составляла 53,74 сСт, после экструдирования этот показатель снизился в 2,32 раза и составил 23,15 сСт. В 2016 г. снижение вязкости наблюдалось с 50,72 сСт (контрольный вариант) до 20,10 сСт (зерно после экструзии), т.е. снижение составило в 2,77 раза. В среднем за 3 года кинематическая вязкость водного экстракта зерна озимой ржи после экструзионной обработки снизилась примерно в 3 раза.

Таблица 4 – Показатели качества экструдированного зерна озимой ржи

Вариант	Содержание водорастворимых пентозанов, %	Кинематическая вязкость водного экстракта, сСт	Содержание крахмала, %	Содержание растворимых углеводов, %	Содержание белка, %
2014 г.					
Зерно неэкструдированное (контроль)	3,42	44,39	63,4	32,76	8,74
Зерно экструдированное	2,57	10,40	59,3	48,29	9,00
2015 г.					
Зерно неэкструдированное (контроль)	4,10	53,74	62,2	31,73	10,53
Зерно экструдированное	2,98	23,15	60,1	51,96	11,05
2016 г.					
Зерно неэкструдированное (контроль)	3,69	50,72	55,6	32,21	11,53
Зерно экструдированное	2,51	20,10	53,2	50,37	11,61
В среднем за 3 года					
Зерно неэкструдированное (контроль)	3,63	49,62	60,4	32,23	10,27
Зерно экструдированное	2,69	17,88	57,5	50,20	10,55

3.4.4 Содержание крахмала и растворимых углеводов в зерне

Во все годы исследования экструдирование снижало содержание крахмала в зерне озимой ржи. В 2014 г. содержание крахмала контрольного варианта составляло 63,4 %, после экструдирования оно снизилось на 4,1 % и составило 59,3 % (таблица 4). В 2015 г. в контрольном варианте содержалось 62,2 % крахмала, в экструдированном зерне – 60,1 %. В 2016 г. зерно до экструдирования содержало 55,6 % крахмала, после – 53,2 %. В среднем за 3 года в зерне озимой ржи содержалось 60,4 % крахмала, после экструдирования этот показатель снизился на 2,9 % и составил 57,5 %.

Исследования показали увеличение содержания растворимых углеводов в экструдированном зерне ржи. В 2014 г. повышение данного показателя составило 15,53%, в 2015 г. – 20,23%, в 2016 г. – 18,16% и в среднем за 3 года – 17,97%. Увеличение содержание растворимых углеводов в зерне объясняется тем, что в процессе экструдирования происходит гидролиз крахмала с образованием промежуточных углеводов – декстринов и далее глюкозы.

3.4.5 Содержание белка в зерне

В 2014 г. содержание белка контрольного варианта составляло 8,74 %, после экструдирования концентрация белка увеличилась на 1,74 % и составила 9,00 % (таблица 4). В 2015 г. содержание белка контрольного варианта составляло 10,53 %, в экструдированном – составило 11,05 %. В 2016 г. в неэкструдированном зерне содержалось 11,53 % белка, а в экструдированном на 0,08 % больше и составляло 11,61 %. В среднем за 3 года содержание белка в неэкструдированном зерне составляло 10,27 %, в экструдированном – 10,55 %. Некоторое повышение содержание белка в экструдированном зерне обусловлено, не абсолютным его повышением, а уменьшением массы зерна в процессе экструдирования и соответственно увеличением концентрации белка.

3.4.6 Содержание азота, золы, фосфора и кальция в зерне

В среднем за 3 года содержание азота неэкструдированного зерна составляло 1,72 %, после экструдирования его содержание увеличилось на 0,02 % и составило 1,74 %. Содержание фосфора неэкструдированного зерна составляло 0,86 %, экструдированного на 0,01 % больше и составило 0,87 %. Содержание кальция в зерне контрольного варианта было 0,055 %, после экструдирования на 0,001 % стало больше и составило 0,056 %. Некоторое повышение процентного содержания минеральных веществ в зерне в результате экструдирования можно объяснить уменьшением массы зерна.

3.5 Экономическая эффективность приемов повышения кормовых свойств зерна озимой

3.5.1 Экономическая эффективность обработки ЭМП СВЧ зерна озимой ржи

Обработка зерна озимой ржи ЭМП СВЧ позволяет получить легкоусвояемый корм и получить экономию 389,00 рублей (5,6 %) на условную голову КРС в год при приготовлении ржано-пшеничной смеси в соотношении 60:40. Рентабельность использования обработанного ЭМП СВЧ зерна в составе дневной нормы фуража для КРС составляет 37,6 %, что на 7,7 % больше рентабельности при использовании в составе корма 70 % зерна пшеницы и 30% зерна озимой ржи.

3.5.2 Экономическая эффективность экструдирования зерна озимой ржи

Экструдирование зерна озимой ржи позволяет значительно снизить содержание антипитательных веществ и соответственно вводить его в большем количестве в рацион кормления сельскохозяйственных животных. Экструдирование зерна озимой ржи позволяет сэкономить 578 рублей (8,3 %) в год на условную голову КРС при приготовлении ржано-пшеничной смеси в соотношении 90:10. Рентабельность производства зернофуража с использованием экструдированного зерна ржи повышается на 11,8 %.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Почвенно-климатические условия оказывают значительное влияние на содержание водорастворимых пентозанов и вязкость водного экстракта зерна сортов озимой ржи. Величина данных показателей качества повышается по зонам Республики Башкортостан (соответственно, с 2,72 до 3,26 % и с 16,12 до 44,80 сСт) в следующем порядке: северная лесостепь, северо-восточная лесостепь, южная лесостепь, предуральская степь.

2. Кормовые свойства зерна сортов разного экологического происхождения (сорт Чулпан 7 и Графиня) по ряду показателей отличаются между собой. В среднем за (2014-2016 гг.) содержание водорастворимых пентозанов в зерне сорта Чулпан составило 4,02 % и у сорта Графиня –3,87 %, вязкость водного экстракта соответственно 38,44 и 23,22 сСт.

3. Обработка ЭМП СВЧ повышала температуру зерна изученных сор-

тов озимой ржи с 19,5 до 159,3 °С. Максимальное значение температуры зерна озимой ржи было зафиксировано при мощности 700 Вт и экспозиции 3 минуты. Влажность зерна при увеличении мощности продолжительности обработки ЭМП СВЧ закономерно снижается с 10,8 до 8,0 %, хотя в самом начале обработки наблюдается некоторое ее повышение.

4. Количество антипитательных веществ и кинематическая вязкость водного экстракта зерна озимой ржи изученных сортов снижались по мере повышения мощности и экспозиции воздействия ЭМП СВЧ. Содержание водорастворимых пентозанов в зерне сорта Чулпан 7 снизилось с 4,02 до 2,72% и сорта Графиня с 3,87 до 2,63 % (мощность 700 Вт и продолжительность обработки 3 мин). Значительное снижение кинематической вязкости водного экстракта зерна ржи происходило при повышении температуры зерна выше 80 °С. Кинематическая вязкость, сорта Чулпан 7 снизилась с 38,44 до 13,98 сСт и сорта Графиня – с 23,22 до 10,23 сСт.

5. Число падения зерна обоих сортов (Чулпан 7 и Графиня) закономерно повышалось, а содержание крахмала снижалось по мере увеличения продолжительности обработки и мощности ЭМП СВЧ. Существенного изменения содержания азота, белка и минеральных веществ в зерне при обработке ЭМП СВЧ не происходило.

5. Содержание водорастворимых пентозанов и кинематическая вязкость водного экстракта зерна ржи в результате экструдирования значительно снижаются. В среднем за 3 года содержание водорастворимых пентозанов в зерне сорта Чулпан 7 уменьшилось с 3,63 до 2,69 %, кинематическая вязкость водного экстракта зерна – от 49,62 до 17,88 сСт.

7. Сравнительно небольшое уменьшение происходило содержания крахмала в зерне сорта Чулпан 7 (на 2,9 %), повышение растворимых углеводов (на 18,16 %), число падения (на 100 с). Наблюдалось незначительное изменение содержания минеральных веществ (фосфора, кальция и в целом золы) в зерне озимой ржи в результате экструдирования.

8. Введение в состав зернофуража для крупного рогатого скота зерна озимой ржи, обработанного ЭМП СВЧ и экструдированного снижает стоимость (на 5,6 % и 8,3 % соответственно) и повышает рентабельность (на 7,7 % и 11,8 %) зернофуража.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

Для снижения содержания антипитательных веществ – водорастворимых пентозанов и снижения вязкости водного экстракта и, соответственно, увеличения доли зерна озимой ржи в рационе кормления сельскохозяйственных животных рекомендуем:

1. Расширить возделывание озимой ржи для кормовых целей преимущественно в лесостепных агроландшафтах (северная, северо-восточная и южная лесостепь Республики Башкортостан).
2. Перед использованием на корм обрабатывать зерно озимой ржи электромагнитным полем сверхвысокой частоты (ЭМП СВЧ) мощностью 560-700 Вт в течение 2,5-3 минут и вводить в состав зернофуража в количестве 60 %.
3. Проводить экструдирование зерна озимой ржи на установке МК-30-500 под давлением 40-60 атмосфер и температуре 140-150 °С и вводить в состав зернофуража до 90%.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статья в базе данных Scopus

1. Ismagilov, R.R. Crop Yields and Baking Qualities of F1 Winter Rye Hybrids Grain in the Forest-Steppe of the Republic of Bashkortostan / R.R. Ismagilov, L.F. Gaysina, L.M. Ahiyarova, D.S. Ayupov, R.B. Nurlygayanov, B.G. Ahiyarov, R.R. Abdulvaleev, K.V. Malyutina, K.R. Ismagilov, V.K. Abdulloev // Journal of Engineering and Applied Sciences. – 2018. – V. 8. – P. 6487-6493.

Публикации в изданиях из Перечня российских рецензируемых научных журналов, рекомендованных ВАК

2. Исмагилов, Р.Р. Влияние электромагнитного поля сверхвысокой частоты (СВЧ) на кинематическую вязкость водного экстракта зерна озимой ржи / Р.Р. Исмагилов, **К.В. Малютина** // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2015. – № 4 (36). – С. 22-24.

3. Исмагилов, Р.Р. Вязкость водного экстракта и содержание питательных веществ в зерне озимой ржи при экструдировании / Р.Р. Исмагилов, **К.В. Малютина** // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2018. – № 5 (73). – С. 74-77.

Публикации в других научных изданиях

4. **Малютина, К.В.** Воздействие электромагнитных волн на число падения и кинематическую вязкость водного экстракта зерна озимой ржи / К.В. Малютина, Р.Р. Исмагилов, М.М. Поскребышева // Молодежная наука и АПК: проблемы и перспективы Материалы VII Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых. – Уфа: Башкирский ГАУ, 2014. – С. 80-84.

5. **Малютина, К.В.** Содержание водорастворимых пентозанов гибридах озимой ржи / К.В. Малютина // Студент и аграрная наука Материалы VIII студенческой научной конференции. – Уфа, 2014. – С. 26-27.

6. Ахиярова, Л.М. Зависимость кормовой ценности зерна озимой ржи от природных условий / Л.М. Ахиярова, Р.Р. Исмагилов, **К.В. Малютина** // Аграрная наука в инновационном развитии АПК: Материалы международной научно-практической конференции в рамках XXV Международной специализированной выставки «Агрокомплекс-2015». Часть I. – Уфа: Башкирский ГАУ, 2015. – С. 39-44.

7. Поскребышева, М.М. Влияние электромагнитных волн различной мощности на качество зерна озимой ржи / М.М. Поскребышева, **К.В. Малютина**, Р.Р. Исмагилов // Аграрная наука в инновационном развитии АПК: Материалы международной научно-практической конференции в рамках XXV Международной специализированной выставки «Агрокомплекс-2015». Часть I. – Уфа: Башкирский ГАУ, 2015. – С. 141-145.

8. Введение в состав рациона кормления крупного рогатого скота зерна озимой ржи, обработанного ЭМП СВЧ и экструдированного повышает экономическую эффективность производства зернофуража.

9. Галина, Г.А. Повышение числа падения зерна озимой ржи сорта Графиня путем воздействия электромагнитных волн сверхвысокой частоты / Г.А. Галина, **К.В. Малютина** // Наука молодых – инновационному развитию АПК: материалы международной молодежной научно-практической конференции. Часть 1. – Уфа: Башкирский ГАУ, 2016. – С. 30-35.

10. **Малютина, К.В.** Изменение некоторых физических показателей зерна озимой ржи под воздействием СВЧ-излучения / К.В. Малютина, Р.Р. Исмагилов // Аграрная наука в инновационном развитии АПК: материалы международной научно-практической конференции в рамках XXVI Международной специализированной выставки «Агрокомплекс-2016». Часть I. – Уфа: Башкирский ГАУ, 2016. – С. 129-135.

11. **Малютина, К.В.** Кинематическая вязкость водного экстракта озимой ржи после обработки электромагнитным полем сверхвысокой частоты (СВЧ) / К.В. Малютина, Г.А. Галина, Р.Р. Исмагилов // Социально-экономические и гуманитарные аспекты развития современного общества: материалы Всероссийской (заочной) научно-практической конференции. – Уфа: Мир печати, 2016. – С. 250-254.

12. **Малютина, К.В.** Способы снижения антипитательных веществ в зерне озимой ржи / К.В. Малютина, Р.Р. Исмагилов // Современное состояние, традиции и инновационные технологии в развитии АПК: материалы международной научно-практической конференции в рамках XXVII Международной специализированной выставки «Агрокомплекс-2017. Часть I. – Уфа: Башкирский ГАУ, 2017. – С. 60-65.

13. Исмагилов, Р.Р. Применение электромагнитных волн сверхвысокой частоты для повышения кормовых свойств зерна ржи / Р.Р. Исмагилов, **К.В. Малютина** // Современное состояние, традиции и инновационные технологии в развитии АПК материалы международной научно-практической конференции в рамках XXVIII Международной специализированной выставки "Агрокомплекс-2018 Часть I. – Уфа: Башкирский ГАУ, 2018. – С. 77-81.

