

Зубкова Татьяна Владимировна

**НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ
ПРИЕМОВ ПОВЫШЕНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ ЯРОВОГО РАПСА
В УСЛОВИЯХ ЛЕСОСТЕПИ ЦЕНТРАЛЬНОГО ЧЕРНОЗЕМЬЯ**

4.1.1. Общее земледелие и растениеводство

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
доктора сельскохозяйственных наук

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Елецкий государственный университет имени И.А. Бунина»

Научный консультант:

Виноградов Дмитрий Валериевич
доктор биологических наук, профессор

Официальные оппоненты:

Карпачёв Владимир Владимирович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, член-корреспондент РАН, Липецкий научно-исследовательский институт рапса - филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур имени В.С. Пустовойта», отдел селекции и семеноводства рапса, главный научный сотрудник

Вафина Эльмира Фатхулловна, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Удмуртский государственный аграрный университет», кафедра растениеводства, земледелия и селекции, заведующий кафедрой

Прахова Татьяна Яковлевна, доктор сельскохозяйственных наук, обособленное подразделение Пензенский научно-исследовательский институт Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр лубяных культур», лаборатория селекционных технологий, главный научный сотрудник

Ведущая организация:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Красноярский государственный аграрный университет»

Защита состоится «18» июня 2024 года в 11-00 часов на заседании диссертационного совета 99.2.117.03 на базе ФГБОУ ВО «Самарский государственный аграрный университет» по адресу: 446442, Самарская область, г. Кинель, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2; тел./факс 8 (846-63) 46-1-31.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Самарский государственный аграрный университет», на сайте университета <http://ssaa.ru>, и на сайте ВАК Минобрнауки РФ <https://vak.minobrnauki.gov.ru>.

Автореферат разослан « » марта 2024 года.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
доктор сельскохозяйственных наук,
профессор



Троц Наталья Михайловна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Рапс – это культура с огромным потенциалом и, с каждым годом, она является всё более привлекательной для аграриев. Главными факторами популярности рапса в мировом производстве являются его высокая рентабельность и продуктивность. В России развитие интереса к рапсу как к масличной культуре, связано также с увеличением объёмов переработки и активным спросом его в животноводческой отрасли.

Чтобы достичь высоких урожаев, особую роль в технологии возделывания ярового рапса отводят его питанию с использованием макро- и микроэлементов, органических и минеральных видов удобрений, биологических препаратов, регуляторов роста. В агроценозах ярового рапса элементы питания играют важную роль, участвуют в транслокации фотосинтезирующих веществ, влияют на прорастание пыльцы, завязывание и формирование плодов, синтез органических соединений, тем самым повышая урожайность и содержание масла в семенах (Шпаар Д., 2007; Виноградов Д.В., 2011; Arabhanvi F., 2015).

Стратегия развития агропромышленного комплекса Российской Федерации с целью развития агропромышленного комплекса предусматривает внедрение инновационных технологий в растениеводство. Динамично развивающиеся сегодня отрасли в условиях Липецкой области, такие как птицеводство, животноводство, грибоводство приводят к формированию большого количества органических отходов, которые могут являться источником питательных веществ для растений. Регион последние годы является лидером по производству сахара в России, как следствие, наблюдается увеличение доли отходов от сахарного производства. Для управления питанием сельскохозяйственных культур и плодородием почв, возможно применение получаемых отходов от вышеперечисленных видов производств, необходимым условием которых является использование обоснованных доз, обеспечивающих оптимальное питание растений, в конечном итоге выражается в высоких количественных и качественных показателях урожая (Diasono M., 2011; Мотылева С.М., 2012; Антоненко Д.А., 2019; Гулидова В.А., 2019; Chen T., 2020).

В последние годы в России отмечается тенденция увеличения посевных площадей занятых под масличными культурами. В частности, на долю ярового рапса в 2022 году пришлось 1764 тыс. га, +25 % к 2021 г, при валовом сборе в 2944 тыс. тонн и средней урожайности 2,25 т/га. С 2000 года по 2023 год площади занятые под рапсом в Липецкой области выросли с 4,8 до 60 тыс. га, при средней урожайности в 2022 г. – 2,25 т/га, в 2023г. – 2,50 т/га. В 2022 году Липецкая область стала лидером по производству рапсового масла в России, что связано с концентрацией четырёх маслоэкстракционных заводов в регионе. Объёмы производства масличных семян данной культуры, также, ежегодно увеличиваются.

В условиях региона намечена интенсивная динамика в производстве ярового рапса. Учитывая важность успешного дальнейшего развития производства культуры в условиях лесостепи ЦЧР, актуальной задачей становится совершен-

ствование приемов повышения продуктивности ярового рапса, что и определило направление наших исследований.

Степень разработанности темы. В условиях лесостепи Центрального Черноземья большой вклад в развитие научных основ формирования урожайности ярового рапса внесли такие учёные, как Гулидова В.А., 2001; Яндьо В. В., 2004; Артемов И.В., 2005; Савенков В.П., 2007; Карпачев В.В., 2009; Чеснокова Л.Д., 2018; Никонова Г.Н., 2021. Вопросами возделывания масличных капустных культур, разработки и совершенствования технологий с применением микро- и макроудобрений, регуляторов роста, биологических препаратов занимались Wahnhoff M., 1994; Willige A., 1997; Савенков В.П., 1998; Хвошнянская А.О., 2009; Прахова Т.Я., 2013; Гайфуллин Р.Р., 2014; Кшникаткина А. Н., 2014; Тулькубаева С.А., 2017; Вафина Э.Ф. 2018, Халипский А.Н., 2021 и другие.

В литературных источниках имеются положительные данные об использовании отходов производств агропромышленного комплекса в качестве удобрений в растениеводстве и земледелии, которые приводят к повышению урожайности и качественных характеристик культур (Fuentes V. M., 2006; Косорихин С.С., 2008, 2009; Воронин В.М., 2008; Балабко П.Н., 2012; Gumus I., 2017; Мерзлая Г.Е., 2018; Гурин А.Г., 2020; Иванов А.И., 2021 и другие). Отражён положительный опыт применения природных минералов в качестве удобрений (Королев А.А., 2007; Кузин Е. Н., 2008; Алексеев А.И., 2013; Макарова М.П., 2013; Мотылева С.М., 2010; Sangeetha C., 2016; Dzhakula V. S., 2018; Hajar T.S., 2019 и другие). Анализ литературных источников демонстрирует, что предпочтение сегодня отдают максимальному включению экологизированных элементов агротехнологий. В условиях лесостепи Центрально-Чернозёмного региона является не изученным вопрос об использовании в качестве удобрений отходов птицефабрик, грибных производств, фекалата, природного цеолита и новых форм агрохимикатов в посевах ярового рапса.

Цель исследований – разработать, совершенствовать и научно-практически обосновать комплекс агротехнических приёмов повышения продуктивности ярового рапса в условиях лесостепи Центрального Черноземья.

Задачи исследований.

1. Определить эффективность комплексного применения фекалата, доз минеральных удобрений и биологических препаратов при возделывании ярового рапса.

2. Дать оценку применения компостов на основе отходов грибоводства в комплексе с минеральными и органоминеральными удобрениями в технологии производства рапса.

3. Установить эффективность применения органоминерального удобрения в посевах ярового рапса.

4. Выявить особенности формирования урожайности и качества семян ярового рапса в зависимости от сроков посева и применении агрохимикатов.

5. Оценить экономическую и биоэнергетическую эффективности возделывания ярового рапса в зависимости от предложенных элементов технологии.

Объект и предмет исследований. Объект исследований – яровой рапс; почва чернозём выщелоченный. Предмет исследований – оценка элементов технологии выращивания ярового рапса в почвенно-климатических условиях лесостепи Центрального Черноземья.

Научная новизна. Для условий лесостепи Центрального Черноземья России разработаны теоретические и практические основы формирования высокопродуктивных агроценозов ярового рапса.

Установлено влияние доз, сроков и глубины внесения дефеката в сочетании с минеральными и микробиологическими удобрениями на агрофизические и агрохимические показатели выщелоченного тяжелосуглинистого чернозёма в технологии производства ярового рапса. Представлены уравнения линейной и множественной регрессии, которые прогнозируют изменение урожайности ярового рапса при изменении заявленных почвенных свойств. Показана роль изучаемых агроприёмов, где наибольшая продуктивность культуры выявлена на варианте с внесением 12,6 т/га дефеката на глубине 20 см и минеральных удобрений в дозе $N_{140}P_{70}K_{100}$ с обработкой семян микробиологическим препаратом БСка-3, 4 л/т.

Доказана высокая эффективность компостов на основе отходов грибоводства в сочетании с различными дозами минерального азота и агрохимикатами на основные показатели структуры урожая ярового рапса, где наиболее продуктивным выявлен вариант с внесением 30 т/га свежего компоста, совместно с минеральным удобрением в дозе N_{125} и обработкой посевов Полидон Био Масличный, 1,0 л/га.

Впервые в регионе определены агрохимические нормативные параметры перепревших органических отходов птицефабрик в комплексе с микробиологическим препаратом. Доказаны высокий микроэлементный состав природных цеолитов Тербунского месторождения Липецкой области и его высокопористая структура. Подтверждено влияние природных цеолитов в сочетании с отходами птицефабрик на агрофизические и агрохимические показатели чернозёма выщелоченного. Выявлено положительное влияние комплексного использования цеолитов в сочетании с органическими отходами птицефабрик на фотосинтетическую деятельность, урожайность, микроэлементный состав растений и семян. Установлено, что максимальная урожайность рапса получена при внесении органических отходов птицефабрик в дозе 29,5 т/га в комплексе с цеолитом 4,5 т/га.

Установлена высокая эффективность агрохимикатов при обработке ими семян и применении в виде некорневых подкормок растений ярового рапса по вегетации. Доказано, что максимальная прибавка семян наблюдается при комплексном использовании агрохимикатов Микромак, 2 л/т + Азотовит, 2 л/т + Фосфатовит, 2 л/т + Рэгги, 1,2 л/га. Определён оптимальный срок посева – I декада мая на вариантах с применением некорневой подкормки микроудобрениями. Научно обосновано накопление фотосинтетических пигментов, изменение отдельных морфологических показателей растений и элементов продуктивно-

сти, биохимический анализ, в том числе жирнокислотный состав семян ярового рапса в зависимости от изучаемых вариантов.

Теоретическая и практическая значимость работы. В условиях лесостепи ЦЧР на выщелоченном тяжелосуглинистом чернозёме разработаны и рекомендованы производству приёмы повышения продуктивности ярового рапса с использованием внутренних ресурсов региона. Научно обосновано возделывание ярового рапса с внесением дефеката в дозе 12,6 т/га на глубину 20 см в комплексе с минеральными удобрениями в дозе $N_{140}P_{70}K_{100}$ и обработкой семян микробиологическим препаратом БСка-3 (4 л/т); компостов на основе отходов грибоводства (30 т/га) в сочетании с минеральным удобрением в дозе N_{125} и обработкой посевов Полидон Био Масличный (1,0 л/га); органических отходов птицефабрик в дозе 29,5 т/га в комплексе с цеолитом 4,5 т/га, как наиболее эффективные по продуктивности предложенные элементы агротехнологии выращивания культуры. Так же, выявлены оптимальные сроки посева в комплексе с применением агрохимикатов, что обеспечивало формирование наибольшей урожайности семян и качества продукции.

Результаты исследований имеют практическое внедрение в производство в сельскохозяйственных организациях Липецкой, Воронежской, Рязанской и Тульской областей на общей площади свыше 130 га.

Отдельные материалы опытов использовались в учебных пособиях, изданных с грифом федерального УМО РФ, которые задействованы в обучающем процессе ФГБОУ ВО ЕГУ им. И.А. Бунина, при изучении дисциплин «Производство продукции растениеводства», «Земледелие», а также при проведении курсов повышения и переподготовки для специалистов агропромышленного комплекса.

Отдельные этапы работы выполнялись при финансовой поддержке гранта РФФИ № 19-44-480003 (2019-2021 гг.).

Методология и методы исследований. Методология проводимых исследований определена анализом литературы отечественных и зарубежных авторов согласно проблеме исследований. В работе реализовывали полевые и производственные опыты, лабораторные исследования, статистическую обработку экспериментальных данных и их анализ.

Основные положения, выносимые на защиту.

1. Использование дефеката, доз минеральных удобрений и биологических препаратов при возделывании ярового рапса.

2. Применение компостов на основе отходов грибоводства в комплексе с минеральными и органоминеральными удобрениями в технологии производства рапса.

3. Использование органических удобрений в комплексе с природным цеолитом в агроценозах ярового рапса.

4. Формирование продуктивности и качества семян ярового рапса в зависимости от сроков посева и применении агрохимикатов.

5. Экономическая и биоэнергетическая эффективность возделывания ярового рапса на семена.

Степень достоверности. Достоверность и обоснованность представленных в работе положений, выводов и рекомендаций производству обеспечиваются соответствием экспериментальных данных теоретическим результатам исследований. Проведение опытов осуществлялось в соответствии с методиками проведения полевых, лабораторных исследований и статистических методов обработки экспериментальных данных, ГОСТов.

Апробация и основные результаты исследований представлены на международных и национальных научных конференциях «Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных агротехнологий» (г. Рязань, РГАТУ, 2021 г., 2022 г., 2023 г.); «Высокоэффективные технологии в агропромышленном комплексе» (г. Елец, ЕГУ им. И.А. Бунина, 2021 г., 2022 г., 2023 г.); «Технологические аспекты возделывания сельскохозяйственных культур» (г. Горки, БГСХА, 2021, 2023 г.); «ВЕКовое растениеводство» (г. Пермь, ПГАТУ им. акад. Д.Н. Прянишникова, 2023 г.); «Фундаментальные и прикладные аспекты микробиологии в науке и образовании» (г. Рязань, РязГМУ, 2022 г.); «Науки о земле: вчера, сегодня, завтра» (г. Баку, 2022 г.); «Современное состояние и инновационные пути развития земледелия, мелиорации и защиты почв от эрозии» (г. Ижевск, Ижевская ГСХА, 2022 г.); «Разнообразие и устойчивое развитие агробиоценозов Омского Прииртышья» (г. Омск, Омский ГАУ, 2022); «Актуальные научно-технические и экологические проблемы сохранения среды обитания» (г. Брест, БрГТУ, 2021 г.); «Развитие научного наследия великого учёного на современном этапе» (г. Махачкала, ДагГАУ, 2021 г.); «Современные проблемы пищевой безопасности» (г. Санкт-Петербург, СПбГУВМ, 2020 г.); «Молекулярные, мембранные и клеточные основы функционирования биосистем» (г. Минск, БГУ, 2020 г.); «Приоритетные научные исследования и инновационные технологии в АПК: Наука – производству» (г. Волгоград, Волгоградский ГАУ, 2019 г.); «100-летие кафедры растениеводства, кормопроизводства и агротехнологий: итоги и перспективы инновационного развития» (г. Воронеж, ВГАУ, 2019 г.); «Плодородие почв России: состояние, тенденции и прогноз» (г. Москва, ВНИИА имени Д.Н. Прянишникова, 2019 г.); на форуме "Наука будущего - наука молодых" (г. Нижний Новгород, НГУ, 2017 г.); на международном координационном совещании по рапсу (г. Липецк, ВНИИ рапса, 2015 г.) и других.

Результаты исследований имеют практическое внедрение в производство в сельскохозяйственных организациях: ООО «КОЛОС-АГРО» Елецкого района Липецкой области; СПССПК «Тимирязевский» Долгоруковского района Липецкой области; ЗАО «Ивово» Липецкого района Липецкой области; ООО «Новая жизнь» Кораблинского района Рязанской области, ООО «АПК Родное» Богородицкого района Тульской области, ООО «Био Сад» Панинского района Воронежской области.

Объём и структура диссертации. Научная работа содержит введение, 7 глав, заключение, предложения производству. Содержит 405 страниц текста компьютерной верстки, 68 таблиц, 90 рисунков и 54 приложения. Список литературы состоит из 575 источников, в том числе 142 зарубежных.

Публикации результатов исследований. Автором опубликовано 88 научных работ, из них 27 работ в рецензируемых изданиях, 18 работ – в изданиях, относящихся к международным базам данных, 2 монографии. Получено 14 патентов на полезную модель и изобретения.

Личный вклад автора. Лично автором поставлены цель и задачи исследований, разработаны и проведены полевые опыты, осуществлён сбор и анализ результатов исследований, выполнены необходимые расчёты и статистическая обработка данных. Диссертационная работа является результатом анализа и обобщения исследований, проведённых лично соискателем.

Автор считает своим приятным долгом выразить глубокую признательность и благодарность научному консультанту, д.б.н., профессору Виноградову Д.В.; заведующей лабораторией физиологии и биохимии ФГБНУ ФНЦ Садоводства, к.с.х.н., доценту Мотылёвой С.М.; научному сотруднику МГУ им. М.В. Ломоносова, к.б.н. Дядькиной С.Е.; заведующей научно-исследовательской агрохимической лабораторией ЕГУ им. И.А. Бунина, к.б.н. Дубровиной О.А. за помощь и содействие в планировании, обсуждении научных опытов.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

1. Обзор литературных источников

В литературном обзоре по теме диссертации изложены тенденции развития масличной отрасли в мире и России, особое внимание уделено повышению продуктивности масличных культур в зависимости от способов питания, резюмирован положительный опыт по включению регуляторов роста и биопрепаратов в агротехнологии возделывания сельскохозяйственных культур, которые оказывают на них антистрессовое влияние. Показано, что применение отходов производств агропромышленного комплекса и природного цеолита в качестве удобрений в растениеводстве и земледелии приводит к увеличению урожая и способствует повышению качества готовой продукции.

Анализ отечественной и зарубежной литературы свидетельствует о необходимости совершенствования агротехнических приёмов с целью повышения продуктивности и качества семян ярового рапса в условиях лесостепи Центрального Черноземья.

2. Условия и методика проведения исследований

Исследования проводились на базе учебного опытного поля Елецкого государственного университета имени И.А. Бунина (УОП ЕГУ им. И.А. Бунина) Елецкого района и ИП ГКФХ Арина Е.Ю. Краснинского района Липецкой области в период с 2014 по 2023 годы.

Климат региона умеренно-континентальный, зимний период характеризуется умеренно-холодной погодой, а летний период является тёплым и продолжительным. По значению ГТК за май – июль, года проведения исследований можно распределить следующим образом: с нормальной влагообеспеченностью с ГТК от 1,02 до 1,31 (2016 г., 2017 г., 2019 г., 2020 г., 2023 г.), с недо-

статочной влагообеспеченностью – с ГТК менее 1,0 (2014 г., 2015 г., 2018 г.) и с высокой влагообеспеченностью с ГТК 1,78 (2021 г.), 1,64 (2022 г.).

Агрохимические показатели почв опытных участков: Елецкого района (опыты 3, 4, 5): гидролитическая кислотность – 4,8-5,2 мг/экв на 100 г почвы, гумус – 5,4-6,2%, N – 39-57 мг/кг почвы, P₂O₅ – 118-134 мг/кг почвы, K₂O – 133-154 мг/кг почвы, CaO – 12,3-15,1 ммоль/100 г почвы, MgO – 1,5-2,0 ммоль/100 г почвы; Краснинского района (опыты 1, 2): гидролитическая кислотность – 4,8-5,3 мг/экв на 100 г почвы, гумус – 5,3-6,0%, N – 50-64 мг/кг почвы, P₂O₅ – 111-126 мг/кг почвы, K₂O – 150-171 мг/кг почвы, CaO – 15,0-17,5 ммоль/100 г почвы, MgO – 2,0-2,5 ммоль/100 г почвы.

Опыт 1. Эффективность комплексного применения дефеката, доз минеральных удобрений и биологических препаратов на свойства, плодородие почв и урожайность ярового рапса, 2018-2021 гг. Фактор А - доза и глубина внесения дефеката и минеральных удобрений; фактор В - срок внесения дефеката и минеральных удобрений, фактор С - обработка семян рапса биологическими препаратами. Фактор А: А1 - внесение 6,3 т/га дефеката на глубину 10 см и N₉₀P₄₀K₅₀ на планируемый урожай 2,5 т/га; А2 - внесение 12,6 т/га дефеката на глубину 20 см и N₉₀P₄₀K₅₀ на 2,5 т/га; А3 - внесение 6,3 т/га дефеката на глубину 10 см и N₁₄₀P₇₀K₁₀₀ на 3,5 т/га; А4 - внесение 12,6 т/га дефеката на глубину 20 см и N₁₄₀P₇₀K₁₀₀ на 3,5 т/га. По фактору В: В1 – внесение дефеката и минеральных удобрений весной под предпосевную обработку почвы; В2 – внесение дефеката и минеральных удобрений осенью под основную обработку почвы. Фактор С: С1 - без обработки семян; С2 - обработка семян БСка – 3 (4 л/т); С3 - обработка семян Экстрасол, (4 л/т). Повторность опыта четырёхкратная. Размер учётной делянки 160 м².

Опыт 2. Применение компостов на основе отходов грибоводства в комплексе с минеральными и органоминеральными удобрениями в технологии производства семян рапса, 2017-2022 гг. По фактору А (вид вносимого компоста): А1 – внесение 30 т/га свежего компоста и А2 – внесение 30 т/га выдержанного в течение 1 года компоста. По фактору В (внесение различных доз азотных удобрений на планируемый урожай): В1 – без внесения азота; В2 – N₁₅ на планируемый урожай 2,5 т/га ярового рапса; В3 – N₇₀ на 3,0 т/га урожая и В4 – N₁₂₅ на урожай семян 3,5 т/га. По фактору С (обработка посевов рапса) для обработки посевов рапса двукратно в период вегетации: С1 – без обработки; С2 – обработка Полишанс (0,4 л/га в фазу бутонизации и в фазу начала развития стручков) и С3 – обработка Полидон Био Масличный (1,0 л/га в фазу бутонизации и в фазу начала развития стручков). Повторность опыта четырёхкратная. Размер учётной делянки 140 м².

Опыт 3. Эффективность применения доз органического удобрения в комплексе с природным цеолитом в посевах ярового рапса, в 2019-2022 гг. Схема опыта: 1. Контроль; 2. Ферментированный компост 18,5 т/га; 3. Ферментированный компост 18,5 т/га + цеолит 4,5 т/га; 4. Ферментированный компост 24,0 т/га + цеолит 4,5 т/га; 5. Ферментированный компост 29,5 т/га + цеолит 4,5 т/га. Повторность опыта четырёхкратная. Размер учётной делянки 50 м².

Опыт 4. Продуктивность ярового рапса в зависимости от предпосевной обработки семян и растений, 2014-2019 гг. Опыт трёхфакторный. Фактор А - предпосевная обработка семян: 1. Контроль (без обработки); 2. Микромак, 2 л/т; 3. Азотовит, 2 л/т + Фосфатовит, 2 л/т; 4. Микромак, 2 л/т + Азотовит, 2 л/т + Фосфатовит, 2 л/т. Фактор В - обработка растений по вегетации препаратом Рэгги: 1. Рэгги, 1,2 л/га; 2. Микромак, 2 л/т + Рэгги, 1,2 л/га; 3. Азотовит, 2 л/т + Фосфатовит, 2 л/т + Рэгги, 1,2 л/га; 4. Микромак, 2 л/т + Азотовит, 2 л/т + Фосфатовит, 2 л/т + Рэгги, 1,2 л/га. Фактор С - сорта Риф и Форвард. Повторность опыта четырёхкратная. Размер учётной делянки 50 м².

Опыт 5. Урожайность и качество семян рапса в зависимости от сроков посева и агрохимикатов. Двухфакторный опыт проведен в 2016-2023 гг. Фактор А - обработка вегетирующих растений двукратно в фазу 3-4 листьев и бутонизации: 1. Контроль; 2. Яра Вита Брасситрел, 2кг/га; 3. Яра Вита Брасситрел, 2кг/га + Яра Вита Бортрак, 3 л/га; 4. Нутримикс, 2 кг/га; 5. Нутримикс, 2 кг/га + Яра Вита Бортрак, 3 л/га. Фактор В - сроки посева: III декада апреля (22-24 апреля), I декада мая (2-4 мая), II декада мая (12-14 мая). Сорт Риф. Повторность опыта четырёхкратная. Размер учётной делянки 25 м².

Агротехнические мероприятия в опытах. Ежегодным предшественником во всех опытах была озимая пшеница. Использовали базовую технологию возделывания ярового рапса согласно зональным рекомендациям.

Во всех опытах после уборки предшественника проводили дискование БДМ-6х4ПМ + John Deere. Внесение грибного грунта, отходов птицефабрики, цеолита осуществляли перед вспашкой Haws DST 20-SW в агрегате с John Deere. Вспашку проводили на глубину 20-22 см плугом ПТК-9-35+ К-744р2. На вариантах опыта, где изучалась глубина внесения дефеката 20 см после его внесения Haws DST 20-SW, обработку осуществляли плугом ПТК-9-35, а на вариантах с глубиной внесения дефеката 10 см проводили культивацию КТП-9,4.

Весной осуществляли раннее весеннее боронование СГА-21 + БЗТС-1,0 + Claas Axion в два следа с последующей культивацией КТП-9,4 в агрегате с Claas Axion на глубину 12-14 см.

Предпосевную культивацию проводили на глубину 2-4 см, под которую вносили удобрения (аммиачную селитру, суперфосфат, калийную соль) согласно схемам опытов РУМ-8+МТЗ-1221.

Высевали яровой рапс сеялкой СПУ-6 (опыты 1, 2) и СФС-2 (опыты 3, 4, 5) в агрегате с МТЗ-1221 на глубину 2 см с последующим прикатыванием ЗККШ-6А. Норма высева во всех опытах 2 млн. шт./га. Опрыскивание пестицидами и агрохимикатами осуществляли ОП-2000, ОПШ-15-01 и ранцевым опрыскивателем согласно схемам опыта. Уборку проводили прямым комбайнированием при полной спелости семян Terrion-Sampo SR2010 и CLAAS.

Полевые исследования заложены по методике опытного дела (Доспехов Б.А., 1985), методике проведения полевых и агротехнических опытов с масличными культурами (Лукомец В.М., 2007), методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (1989).

Отбор почвенных образцов на агрохимический анализ: фосфор и калий определяли по Чирикову (ГОСТ 26204-91), гумус – по Тюрину (ГОСТ 26213-91), рН солевой вытяжки – по методу ЦИНАО (ГОСТ 26483-90), гидролитическую кислотность – по Каппену (Ягодин Б.А., 1989). Почвенные анализы выполняли в агрохимической лаборатории ЕГУ им. И.А. Бунина.

Микроструктуру адаксиальной и абаксиальной поверхностей листьев, количество и размер устьиц определяли с помощью аналитического электронного микроскопа “EVO 50 XVP” (Калмыков К.Б. и др., 2017).

Содержания пигментов в листьях рапса определяли с помощью фотоэлектроколориметра, методом извлечения пигментов петролейным эфиром с этиловым спиртом. Определение микроэлементов растений ярового рапса проводили атомно-абсорбционным методом на приборе спектрофотометр «Спектр-5», в пламени ацетилен-воздух.

Определение качества масла осуществляли в агрохимической лаборатории ЕГУ им. И.А. Бунина, лабораториях маслозавода ООО «Альтаир» Долгоруковского района, Липецкой области хроматографическим методом на «Кристалле 2000 М», колонка CR-WAXms.

Учёт урожая ярового рапса проводили сплошным методом механизированно и обмолачивая их на молотилке - терке пучковой универсальной МТПУ-500. В процессе обработки данных применяли программный продукт «Statistica 10» и ПО «Microsoft Office Excel».

3. Эффективность комплексного применения дефеката, доз минеральных удобрений и биологических препаратов в технологии рапса

Различия в значениях плотности слоёв выщелоченного тяжелосуглинистого чернозёма по изучаемым в полевом опыте факторам незначительны и позволяют говорить об определённых направлениях изменчивости, фиксируя лишь векторы выявленных закономерностей. Средние за годы исследований показатели плотности почвы на вариантах по фактору А (доза и глубина внесения дефеката и минеральных удобрений) в основном зависели от глубины заделки. Так, наименьшая плотность $1,22 \text{ г/см}^3$ в верхнем слое почвы (0-10 см) отмечена на вариантах, где дефекат и минеральные удобрения заделывались на глубину до 20 см. Плотность этого же слоя на варианте А1 (контроль) составила $1,28 \text{ г/см}^3$; варианте А3 – $1,24 \text{ г/см}^3$ (заделка на глубину до 10 см). Подобные тенденции сохранились и для слоя 10-20 см: варианты А1 и А3 показали среднюю плотность $1,32 \text{ г/см}^3$, вариант А2 – $1,26 \text{ г/см}^3$ и вариант А4 – $1,25 \text{ г/см}^3$.

Наименьшая плотность пахотного слоя $1,23 \text{ г/см}^3$ сложилась на варианте, где вносили $12,6 \text{ т/га}$ дефеката и $\text{N}_{140}\text{P}_{70}\text{K}_{100}$ на глубину до 20 см.

Кислотность почвы во все годы исследований существенно изменялась лишь в тех слоях, куда вносили дефекат и минеральные удобрения. На вариантах А1 и А3, где дефекат вносили на глубину до 10 см, показатель рН в слое внесения составил в среднем 6,7-6,8. В среднем по пахотному слою (0-20 см) – 6,5, поскольку во втором слое (10-20 см) кислотность изменялась лишь за счёт вертикального стока части мелиоранта. Показатель рН в слое 10-20 см составил

на варианте с внесением 6,3 т/га дефеката и $N_{90}P_{40}K_{50}$ – 6,1, а при внесении 6,3 т/га дефеката и $N_{140}P_{70}K_{100}$ – 6,2.

На изменение влажности выщелоченного чернозёма по вариантам значимым являлся фактор доза и глубина внесения дефеката и минеральных удобрений, где показатель влажности в слое 0-10 см лежал в пределах от 17,5% до 20,7%, а в слое 10-20 см от 17,9% до 20,8%.

Лучшим сочетанием вариантов оказалось внесение дефеката в дозе 12,6 т/га на глубину до 20 см и минеральных удобрений $N_{140}P_{70}K_{100}$ на планируемую урожайность рапса 3,5 т/га осенью под основную обработку в сочетании с обработкой семян культуры перед посевом БСка-3. При таком сочетании, в среднем, отмечалась наименьшая засорённость ярового рапса малолетними (от 25,3 до 37,3 шт./м², среднее 30,4 шт./м²) и многолетними (от 2,0 до 3,4 шт./м², среднее 2,7 шт./м²) сорняками (рисунок 1).

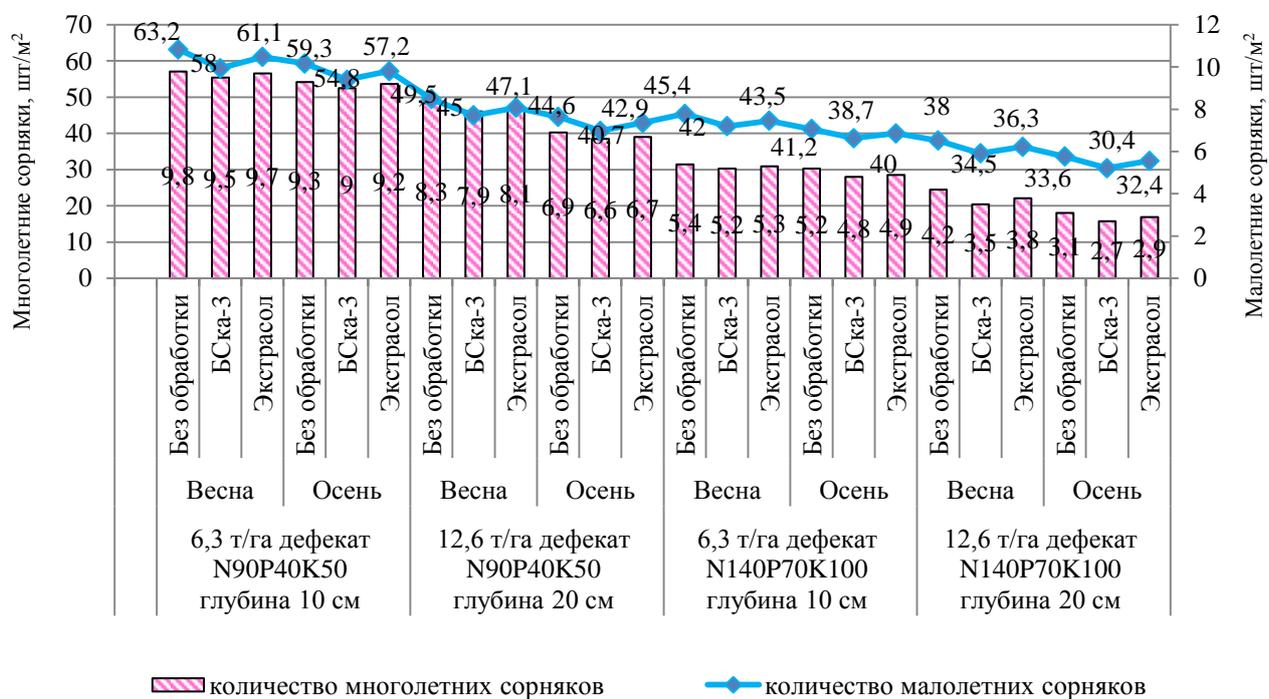


Рисунок 1 - Засорённость посевов ярового рапса в полевом опыте (шт./м²), среднее 2018-2021 гг.

Проведённый корреляционно-регрессионный анализ зависимости урожайности ярового рапса (y) от засорённости малолетними (x) и многолетними (z) сорняками показал сильную обратную взаимосвязь – коэффициенты линейной корреляции $r_{yx} = -0,917$; $r_{yz} = -0,988$; множественной $R = 0,958$ и коэффициенты детерминации $D_{yx} = 84,2\%$; $D_{yz} = 91,8\%$.

Ошибки коэффициентов линейной корреляции и критерии значимости: $s_{yx} = 0,158$; $t_{факт.} = 10,82$; $s_{yz} = 0,082$; $t_{факт.} = 15,66$; $t_{05} = 2,07$; $F_{факт.} = 116,96$ и $F_{05} = 3,47$. Фактические критерии значимости превышают теоретические и подтверждают существенность представленных коэффициентов. Уравнения линейной регрессии: $y = 4,91 - 0,05x$; $y = 0,21z + 3,99$ и множественной регрессии $y = 4,03 - 0,002x + 0,2z$ позволяют прогнозировать изменение урожайности ярового рапса при изменении засорённости посевов.

Биологическая активность почвы существенно изменялась по годам исследований. В среднем, степень разложения льняного полотна составила 37,4%. Наиболее существенное влияние на биологическую активность почвы оказали дозы и глубины внесения дефектата и минеральных удобрений. Внесение 12,6 т/га дефектата и $N_{140}P_{70}K_{100}$ на глубину до 20 см обеспечило наивысшую степень разложения льняного полотна – 48,1% (рисунок 2).

Корреляционно-регрессионный анализ линейной взаимосвязи урожайности ярового рапса (у) и биологической активности почвы (х) показал наличие сильной прямой связи ($r_{yx} = 0,841$; $D_{yx} = 70,7\%$) достаточной степени значимости ($t_{факт.} = 7,9$; $t_{05} = 2,07$).

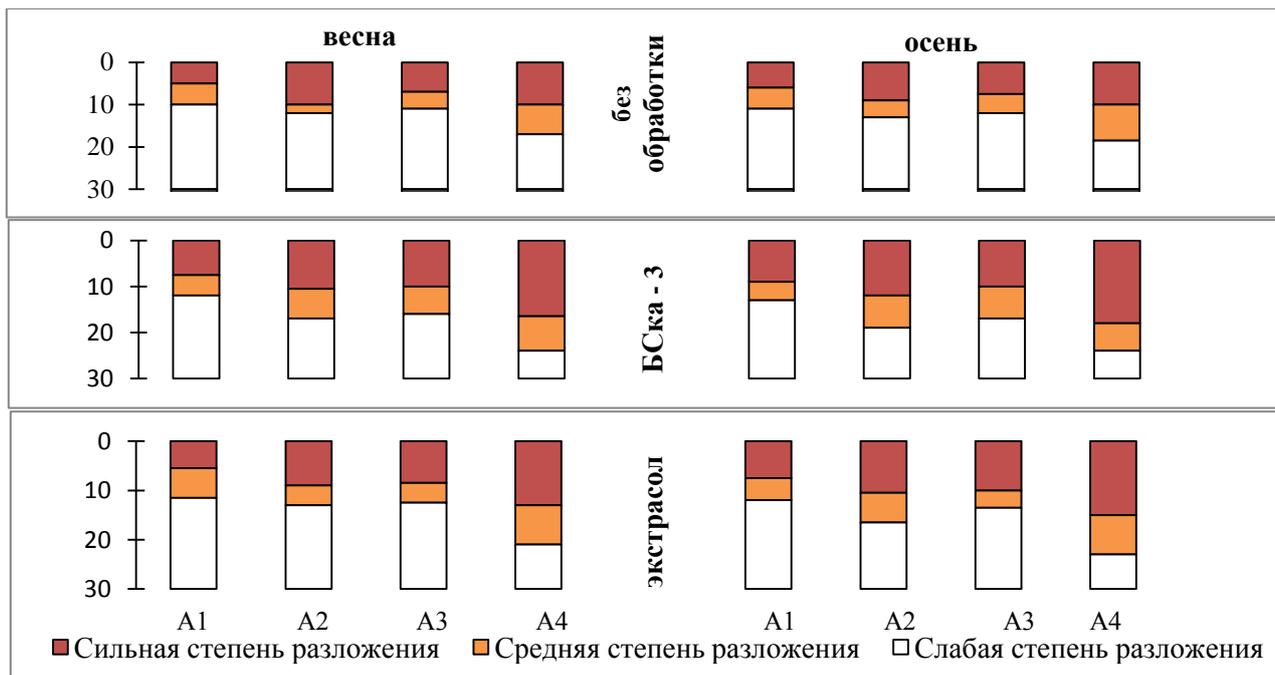


Рисунок 2 – Биологическая активность почвы (%), среднее 2018-2021 гг.

Наибольшее влияние на изменение структуры урожая имели варианты по фактору А. Густота стояния растений рапса перед уборкой на контрольном варианте составила, в среднем, 83,0 шт./м², а масса 1000 семян составила 2,83 г. Внесение 12,6 т/га дефектата на глубину 20 см и $N_{90}P_{40}K_{50}$ увеличивало показатель массы 1000 семян на 0,11 г (3,9%); 6,3 т/га дефектата на глубину 10 см и $N_{140}P_{70}K_{100}$ – на 0,25 г (8,8%) и 12,6 т/га дефектата на глубину 20 см и $N_{140}P_{70}K_{100}$ – на 0,35 г (12,4%).

Срок внесения дефектата и минеральных удобрений практически не оказал влияния на изменение показателей структуры урожая. Лучшим вариантом по фактору С по всем элементам структуры урожая была обработка семян БСка-3.

Взаимосвязь между урожайностью рапса и густотой стояния ярового рапса перед уборкой, а также между урожайностью и количеством стручков на 1 растение является сильной и прямой. Фактические критерии значимости значительно превосходят теоретический ($57,59 > 2,07$ и $23,43 > 2,07$), что позволяет говорить о существенности представленных значений.

Взаимосвязь между урожайностью ярового рапса и массой 1000 семян, а также между урожайностью и количеством семян в стручке является сильной и

прямой. Фактические критерии значимости и здесь значительно превосходят теоретические ($29,04 > 2,07$ и $53,70 > 2,07$), существенность представленных значений подтверждается.

В среднем за годы исследований урожайность семян ярового рапса в многофакторном полевом опыте составила 2,66 т/га.

По фактору А (доза и глубина внесения дефекаата и минеральных удобрений) все изученные варианты в сравнении с контролем А1 (2,06 т/га) показали значительные прибавки урожая: на варианте А2 – 0,31 т/га (15,0%), на варианте А3 – 0,91 т/га (44,2%) и на лучшем варианте А4 – 1,21 т/га (58,7%) (таблица 1).

Таблица 1 – Урожайность ярового рапса при комплексном применении дефекаата, доз минеральных удобрений и биологических препаратов (т/га)

А	В	С	Годы исследований				Среднее	Среднее по фактору А	Среднее по фактору В	Среднее по фактору С
			2018	2019	2020	2021				
6,3 т/га дефекаат N ₉₀ P ₄₀ K ₅₀ глубина 10 см	весна	Без обработки	1,42	1,71	2,19	1,94	1,85	2,06	2,60	2,48
		БСка-3	1,68	2,03	2,60	2,25	2,14	-		2,84
		Экстрасол	1,54	1,85	2,38	2,09	1,97			2,68
	осень	Без обработки	1,58	1,90	2,55	2,13	2,04		2,73	
		БСка-3	1,79	2,13	2,77	2,36	2,26			
		Экстрасол	1,65	2,02	2,65	2,20	2,13			
12,6 т/га дефекаат N ₉₀ P ₄₀ K ₅₀ глубина 20 см	весна	Без обработки	1,70	2,07	2,54	2,31	2,16	2,37	-	-
		БСка-3	2,05	2,36	2,92	2,55	2,47	0,31		0,36
		Экстрасол	1,86	2,24	2,86	2,43	2,35	15,0%		14,5%
	осень	Без обработки	1,82	2,15	2,67	2,33	2,24		0,13	
		БСка-3	2,12	2,40	3,03	2,62	2,54		5,0%	0,20
		Экстрасол	1,97	2,31	2,89	2,54	2,43			8,1%
6,3 т/га дефекаат N ₁₄₀ P ₇₀ K ₁₀₀ глубина 10 см	весна	Без обработки	2,23	2,55	3,20	2,76	2,69	2,97		
		БСка-3	2,65	2,97	3,72	3,19	3,13	0,91		
		Экстрасол	2,41	2,74	3,34	2,95	2,86	44,2%		
	осень	Без обработки	2,34	2,68	3,39	2,90	2,83			
		БСка-3	2,78	3,05	3,71	3,28	3,21			
		Экстрасол	2,62	2,93	3,65	3,17	3,09			
12,6 т/га дефекаат N ₁₄₀ P ₇₀ K ₁₀₀ глубина 20 см	весна	Без обработки	2,48	2,77	3,50	3,02	2,94	3,27		
		БСка-3	2,95	3,30	3,93	3,53	3,43	1,21		
		Экстрасол	2,74	3,06	3,74	3,29	3,21	58,7%		
	осень	Без обработки	2,63	2,92	3,67	3,10	3,08			
		БСка-3	3,02	3,38	4,06	3,65	3,53			
		Экстрасол	2,87	3,24	3,98	3,49	3,40			
Среднее по годам			2,20	2,53	3,16	2,75	2,66			

По фактору В (срок внесения дефеката и минеральных удобрений), судя по прибавке урожая на варианте В2 0,13 (5,0%), вносить дефекат и минеральные удобрения предпочтительно под основную обработку.

По фактору С (обработка семян рапса биологическими препаратами) обработка семян ярового рапса препаратом БСка-3 даёт среднюю прибавку 0,36 т/га (14,5%), а препаратом Экстрасол – 0,20 т/га (8,1%).

Таким образом, анализ агрофизических, агрохимических и биологических свойств выщелоченного тяжелосуглинистого чернозёма в многофакторном опыте выявил высокую эффективность изучаемых доз дефеката и минеральных удобрений при формировании урожая ярового рапса. Сроки внесения дефеката и удобрений, равно как и применение различных биологических препаратов для обработки семян, оказывают существенно меньшее влияние на урожайность.

4. Применение компостов на основе отходов грибоводства в комплексе с удобрениями в технологии производства рапса

В исследованиях по определению эффективности действия компостов и удобрений наибольшее влияние на изменение элементов структуры урожая ярового рапса имели варианты по фактору В - внесение доз азотных удобрений на различные планируемые уровни урожайности семян рапса (рисунок 3).

В среднем, густота стояния растений ярового рапса перед уборкой на контрольном варианте составила 91,6 шт./м². На варианте с дозой внесения N₁₅ прирост данного показателя составил 4,1 шт./м² (4,5%), с дозой N₇₀ – 7,5 шт./м² (8,2%) и с дозой N₁₂₅ – 8,8 шт./м² (9,6%).

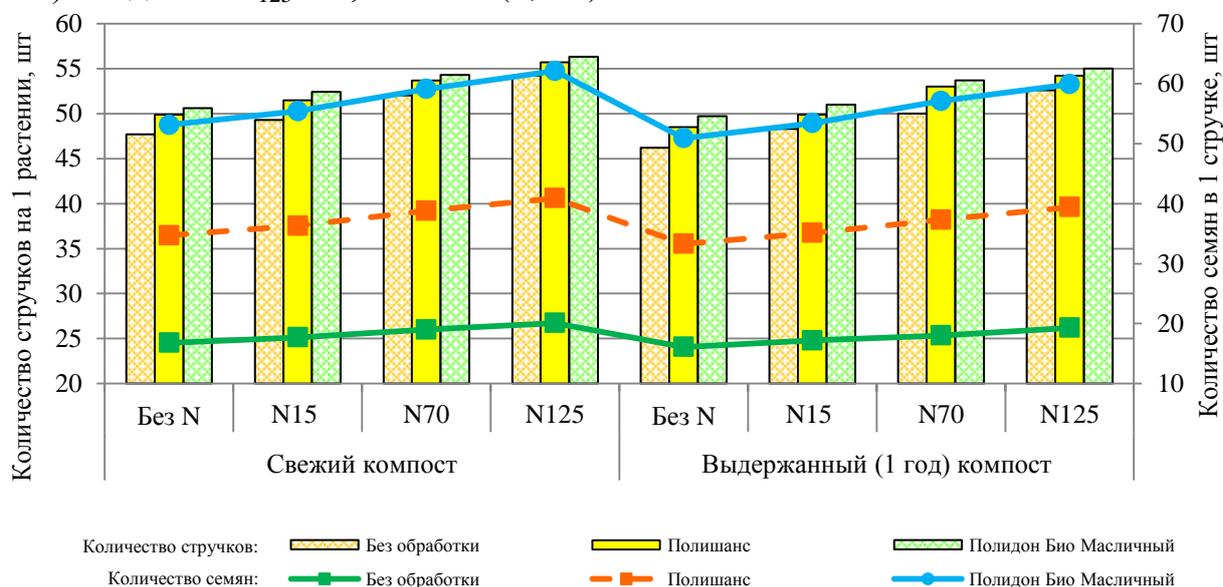


Рисунок 3 – Элементы структуры урожая ярового рапса в зависимости от комплексного действия компостов и удобрений, среднее 2017-2022 гг.

Фактор А (вид компоста) существенно не оказал влияния на густоту растений. Лучшим вариантом по фактору С (обработка посевов) был Полидон Био Масличный – густота растений рапса перед уборкой превышала контроль на 6,5 шт./м² (7,0 %) и в среднем, составила 99,5 шт./м².

Максимально большие различия количества стручков на 1 растение отмечены по фактору В – лучший вариант внесение дозы N₁₂₅ превышал контрольный на 12,1 % и в с среднем составил 54,7 шт. (колебания по годам от 49,9 до 58,2 шт.). По фактору С лучшее значение по количеству стручков на 1 растение показал вариант, где обработку посевов проводили препаратом Полидон Био Масличный – 52,9 шт. (различие с контролем 5,8 %). Масса 1000 семян ярового рапса при внесении свежего компоста составила 3,06 г. Внесение перепревшего в течение одного года компоста снижало этот показатель на 0,14 г (4,6 %). Лучший вариант (доза N₁₂₅) превышал контроль на 0,54 г (19,8 %) и достиг показателя 3,27 г.

В среднем за все годы исследований урожайность ярового рапса в полевом опыте составила 2,54 т/га (таблица 2).

Таблица 2 – Урожайность рапса в опыте в зависимости от комплексного действия компостов и удобрений, (т/га)

А	В	С	Годы исследований						Среднее	Среднее по фактору А	Среднее по фактору В	Среднее по фактору С
			2017	2018	2019	2020	2021	2022				
Свежий компост	-	С1	1,46	1,26	1,52	2,04	1,73	1,82	1,64	2,70	1,89	2,16
		С2	1,98	1,73	2,10	2,56	2,27	2,34	2,16			2,64
		С3	2,17	1,92	2,24	2,75	2,49	2,53	2,35			2,81
	N ₁₅	С1	1,88	1,66	1,93	2,41	2,13	2,20	2,04		2,25	
		С2	2,27	2,07	2,58	2,92	2,65	2,75	2,54			
		С3	2,49	2,23	2,65	3,13	2,84	2,97	2,72			
	N ₇₀	С1	2,43	2,19	2,47	3,07	2,77	2,84	2,63		2,78	-
		С2	2,74	2,50	3,01	3,46	3,12	3,13	2,99			0,48
		С3	2,86	2,64	3,16	3,58	3,30	3,36	3,15			(22,2%)
	N ₁₂₅	С1	2,70	2,50	2,90	3,44	3,18	3,28	3,00		3,23	
		С2	3,22	3,02	3,46	3,95	3,65	3,67	3,50			
		С3	3,47	3,25	3,59	4,18	3,86	3,92	3,71			0,65
Выдержанный (1 год) компост	-	С1	1,31	1,04	1,21	1,61	1,32	1,45	1,32	2,37	-	(30,1%)
		С2	1,67	1,41	1,74	2,22	1,94	2,04	1,84	-0,27		
		С3	1,75	1,52	1,80	2,46	2,17	2,27	2,00	(-12,2%)		
	N ₁₅	С1	1,59	1,36	1,82	2,15	1,86	1,93	1,79		0,36	
		С2	1,92	1,70	2,05	2,58	2,29	2,36	2,15		(19,0%)	
		С3	2,08	1,83	2,17	2,70	2,41	2,49	2,28			
	N ₇₀	С1	1,87	1,67	2,31	2,54	2,23	2,32	2,16		0,89	
		С2	2,54	2,38	2,86	3,15	2,89	2,90	2,79		(47,1%)	
		С3	2,73	2,49	2,93	3,33	3,06	3,11	2,94			
	N ₁₂₅	С1	2,40	2,14	2,73	3,20	2,95	2,93	2,73		1,34	
		С2	2,89	2,65	3,09	3,56	3,28	3,35	3,14		(70,9%)	
		С3	3,05	2,86	3,21	3,79	3,47	3,54	3,32			
Среднее			2,31	2,08	2,48	2,95	2,66	2,73	2,54			

Обработка органоминеральными удобрениями: без обработки (С1); Полишанс (С2); Полидон Био Масличный (С3).

По фактору А на варианте с внесением 30 т/га свежего компоста было получено в среднем по опыту 2,7 т/га, на варианте с внесением 30 т/га выдержанного в течение 1 года компоста – 2,37 т/га. Разница в урожайности была значи-

тельной и составила 0,27 т/га (12,2 %). По фактору В средние по вариантам значения урожайности составили: на контроле – 1,89 т/га, на варианте с дозой N₁₅ – 2,25 т/га; на варианте с дозой N₇₀ – 2,78 т/га и на варианте с дозой N₁₂₅ – 3,23 т/га. Отклонение от планируемого урожая по вариантам от 7,3 до 10,0 %, что говорит о достаточно точных и обоснованных расчётах схемы опыта.

При анализе показателей, характеризующих зависимость урожайности рапса (у) от суммы осадков (х) и средней температуры воздуха (z) в опыте, отметим, что уравнения линейной регрессии рассчитаны только для взаимосвязей, имеющих средние и высокие коэффициенты корреляции (таблица 3).

Таблица 3 – Результаты корреляционно-регрессионного анализа зависимости урожайности ярового рапса (у, т/га) от суммы осадков (х, мм) и средней температуры воздуха (z, °С) в опыте, среднее 2017-2022 гг.

Взаимосвязь	Коэффициент корреляции, r	Коэффициент детерминации, D	Коэффициент регрессии, b	Уравнение линейной регрессии $Y = \bar{y} + b(X - \bar{x})$	Коэффициент множественной корреляции, R	Коэффициент множественной детерминации, R ²	Уравнение множественной регрессии $Y = a + b_1X + b_2Z$
май							
yx	0,247	6,1	-	-	0,923	85,1	$Y = 0,0095X - 0,127Z + 3,69$
yz	-0,688	47,3	-0,09	$Y = 3,81 - 0,09Z$			
xz	0,442	19,5	4,08	$X = 4,08Z + 9,0$			
июнь							
yx	0,728	53,0	0,0064	$Y = 0,0064X + 2,11$	0,829	68,7	$Y = 0,0056X + 0,079Z + 0,66$
yz	0,549	30,1	0,11	$Y = 0,11Z + 0,46$			
xz	0,221	4,9	-	-			
июль							
yx	0,285	8,1	-	-	0,302	9,1	-
yz	0,183	3,3	-	-			
xz	0,307	9,4	-	-			
май-июнь							
yx	0,705	49,7	0,0049	$Y = 0,0049X + 1,88$	0,803	64,5	$Y = 0,0054X - 0,080Z + 3,14$
yz	-0,248	6,2	-	-			
xz	0,184	3,4	-	-			
июнь-июль							
yx	0,573	32,8	0,0028	$Y = 0,0028X + 2,14$	0,656	43,0	$Y = 0,0021X + 0,094Z + 0,38$
yz	0,526	27,7	0,14	$Y = 0,14Z - 0,22$			
xz	0,406	16,5	22,3	$X = 22,3Z - 297,6$			
май-июнь-июль							
yx	0,650	42,3	0,0034	$Y = 0,0034X + 1,83$	0,705	49,7	$Y = 0,0034X - 0,073Z + 3,14$
yz	-0,140	2,0	-	-			
xz	0,186	3,5	-	-			

Майские осадки очень сильно превышали среднемноголетние показатели, что дало слабый коэффициент корреляции $r_{yx} = 0,247$ ($D_{yx} = 6,1$ %). Связь урожайности и среднемесячной температуры воздуха можно охарактеризовать как обратную средней степени ($r_{yz} = -0,688$ ($D_{yz} = 47,3$ %)), т.е. при повышении тем-

пературы воздуха в мае урожайность ярового рапса уменьшается. Вместе с тем, в мае получен наиболее высокий коэффициент множественной корреляции $R = 0,923$ ($R^2 = 85,1\%$), что подтверждает сильное влияние климатических условий на урожайность ярового рапса.

При анализе июньских данных отметим, что влияние количества осадков на урожайность ярового рапса значительно выше, чем влияние среднемесячной температуры – коэффициенты корреляции и детерминации $r_{yx} = 0,728$ ($D_{yx} = 53,0\%$) против $r_{yz} = 0,549$ ($D_{yz} = 30,1\%$). Коэффициенты множественной корреляции и детерминации $R = 0,829$ ($R^2 = 68,7\%$) за июнь также высоки.

В июле существенных взаимосвязей урожайности с показателями климатических условий не выявлено – коэффициенты простой и множественной детерминации не превышали 10 %. В мае-июне сумма осадков достаточно активно влияла на формирование урожайности - $r_{yx} = 0,705$ ($D_{yx} = 49,7\%$) и $R = 0,803$ ($R^2 = 64,5\%$). В июне-июле, анализируя коэффициенты корреляции и детерминации, количество осадков и температура в равной, хотя и небольшой степени влияет на урожайность ярового рапса - $r_{yx} = 0,573$ ($D_{yx} = 32,8\%$) и $r_{yz} = 0,526$ ($D_{yz} = 27,7\%$). Коэффициент множественной корреляции здесь самый меньший из всех - $R = 0,656$ ($R^2 = 43,0\%$) (таблица 4).

Таблица 4 – Результаты корреляционно-регрессионного анализа зависимости урожайности ярового рапса (у, т/га) от поражённости фузариозом (х, %) и альтернариозом (z, %) в опыте, среднее 2017-2022 гг.

Взаимосвязь	Коэффициент корреляции, r	Коэффициент детерминации, D	Коэффициент регрессии, b	Уравнение линейной регрессии $Y = \bar{y} + b(X - \bar{x})$	Коэффициент множественной корреляции, R	Коэффициент множественной детерминации, R ²	Уравнение множественной регрессии $Y = a + b_1X + b_2Z$
2017г.							
yx	-0,497	24,6	-0,10	$Y = 3,41 - 0,10 X$	0,849	72,1	$Y = 5,16 + 1,53 X - 1,69 Z$
yz	-0,552	30,5	-0,11	$Y = 3,54 - 0,11 Z$			
2018г.							
yx	-0,744	55,4	-0,28	$Y = 3,19 - 0,28 X$	0,935	87,5	$Y = 4,12 + 0,70 X - 1,07 Z$
yz	-0,847	71,7	-0,33	$Y = 3,52 - 0,33 Z$			
2019г.							
yx	-0,618	38,2	-0,06	$Y = 3,57 - 0,06 X$	0,921	84,9	$Y = 5,58 + 1,78 X - 1,89 Z$
yz	-0,641	41,1	-0,06	$Y = 3,62 - 0,06 Z$			
2020г.							
yx	-0,666	44,4	-0,07	$Y = 4,24 - 0,07 X$	0,933	87,1	$Y = 2,75 - 1,21 X + 1,18 Z$
yz	-0,627	39,3	-0,07	$Y = 4,31 - 0,07 Z$			
2021г.							
yx	-0,630	39,7	-0,03	$Y = 3,76 - 0,03 X$	0,710	50,5	$Y = 5,79 + 1,33 X - 1,41 Z$
yz	-0,634	40,2	-0,04	$Y = 3,92 - 0,04 Z$			
2022г.							
yx	-0,658	43,4	-0,04	$Y = 3,89 - 0,04 X$	0,823	67,8	$Y = 5,50 + 1,43 X - 1,45 Z$
yz	-0,669	44,8	-0,04	$Y = 3,93 - 0,04 Z$			

В целом за вегетацию относительно значимой можно считать лишь связь между суммой осадков и урожайностью - $r_{yx} = 0,650$ ($D_{yx} = 42,3 \%$); $R = 0,705$ ($R^2 = 49,7 \%$). В работе был проведён корреляционно-регрессионный анализ зависимости урожайности ярового рапса от поражённости растений фузариозом и альтернариозом.

По результатам исследований, в засушливые годы, когда поражённость рапса грибковыми заболеваниями была небольшой и вариативность значений также была невысокой, получены различные коэффициенты линейной корреляции: от самых малых в 2017 году ($r_{YX} = -0,497$; $r_{YZ} = -0,552$), характеризующих зависимость как среднюю по силе и обратную по направлению, до самых высоких в 2018 году ($r_{YX} = -0,744$; $r_{YZ} = -0,847$) – связь сильная, обратная.

В другие годы, когда показатели поражённости фузариозом и альтернариозом достигли существенных значений, коэффициенты линейной корреляции были достаточно выровненными и характеризовали зависимости урожайности ярового рапса от поражённости растений грибковыми заболеваниями как средние по силе и обратные по направлению: от $r_{YX} = -0,618$ (2019 год) до $r_{YX} = -0,666$ (2020 год) и от $r_{YZ} = -0,627$ (2020 год) до $r_{YZ} = -0,669$ (2022 год).

Таким образом, наиболее выровненные коэффициенты множественной корреляции получены в достаточные по увлажнению годы: $R = 0,921$ (2019 год) и $R = 0,933$ (2020 год). В переувлажнённые годы, когда грибковые заболевания проявляются в наибольшей степени, отмечены самые низкие значения коэффициентов множественной корреляции: $R = 0,710$ (2021 год) и $R = 0,823$ (2022 год).

5. Эффективность применения доз органического удобрения в комплексе с природным цеолитом в агроценозах ярового рапса

Электронно-микроскопической визуализацией было установлено, что цеолит представляет собой плотно-пористую поверхность, которая насыщена порами, размер их имел колебания от 360-270 нм до 760-530 нм (рисунок 4). Установлено, что в изучаемой цеолитсодержащей породе Тербунского месторождения имеется множество пор со средним диаметром 340 нм.

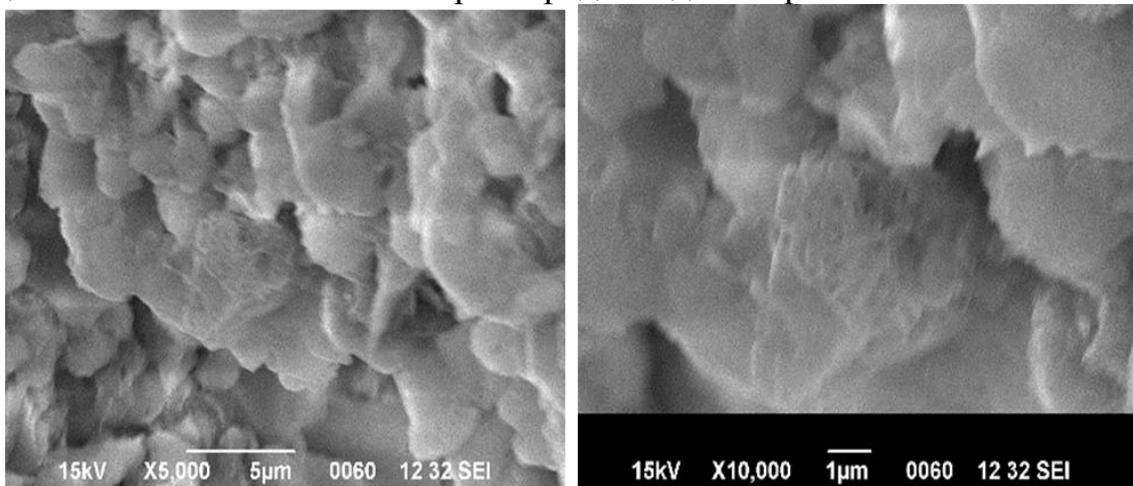


Рисунок 4 – Морфологические особенности строения цеолита Тербунского месторождения

В результате полученного анализа минерального состава природного цеолита было установлено, что больше всего в его составе отмечалось наличие кремния - 21,3 масс %. Кобальт и алюминий занимали промежуточное положение среди всех изучаемых элементов, на их долю приходилось 9,5 и 9,4 масс % соответственно.

В исследуемом цеолите Тербунского месторождения отмечалась высокая доля никеля - 3,4 масс %. Доля железа, молибдена и цинка составляла в минерале соответственно 2,3 масс %, 1,2 масс % и 1,1 масс % (рисунок 5).

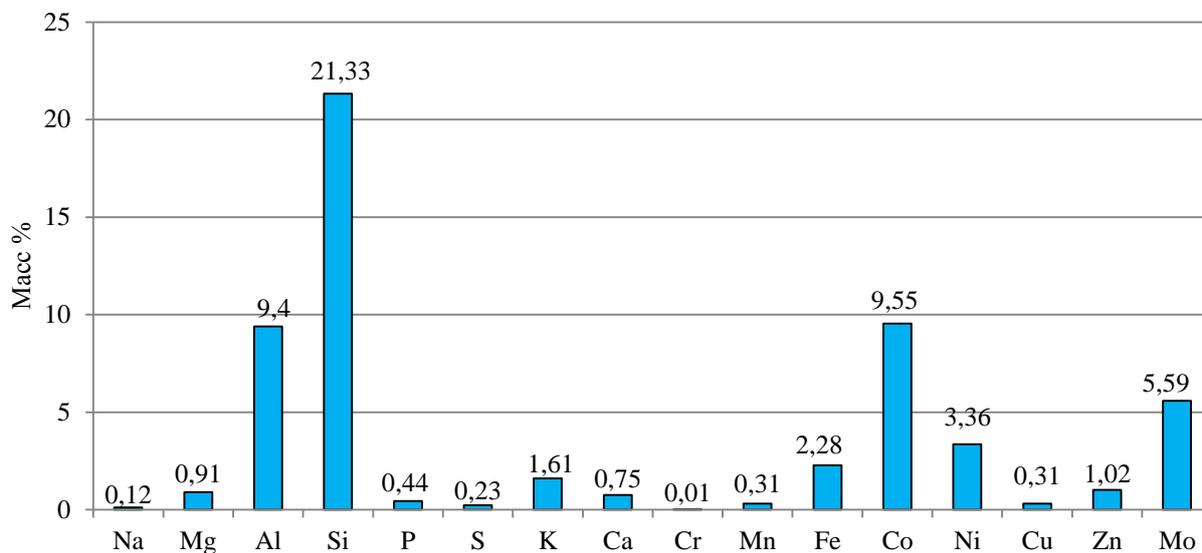


Рисунок 5 – Минеральный состав природного цеолита, масс %

Калия и фосфора отмечалось в минерале соответственно 1,6 и 0,4 масс %. Содержание остальных изучаемых элементов не превышало 1 масс %: Na - 0,1; Mg - 0,9; S - 0,3; Ca - 0,8 и Cu - 0,3 масс %.

Микроструктура органических отходов птицефабрики после ферментации характеризовалась рыхлостью и пластинчатостью.

Агрохимический анализ удобрения проводили перед закладкой на ферментацию, в мае и августе. В органическом удобрении в результате компостирования содержание макроэлементов повышалось. Больше всего отмечалось повышение содержания общего азота. Перед закладкой на ферментацию данного элемента отмечалось в удобрении 1,25 %, в мае его увеличилось на +0,26 %, а в августе на +0,42 % (рисунок 6).

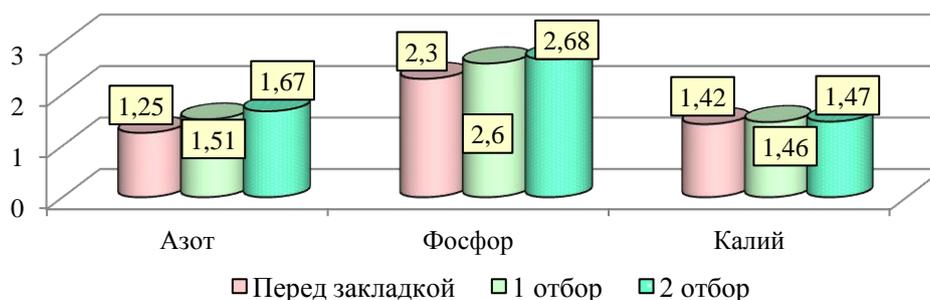


Рисунок 6 – Содержание азота, фосфора и калия в отходах птицефабрики, %

Содержание калия практически не увеличилось в готовом удобрении. Так, на его долю в начале ферментации приходилось 1,42 %, а к концу 1,47%. Содержание фосфора в удобрении составляло 2,30 % перед его закладкой на ферментацию, в первый срок отбора 2,60 %, а во второй – 2,68 %.

Готовое удобрение характеризовалось высоким микроэлементным составом, что является важным для полноценного развития растений ярового рапса и получения высоких урожаев сельскохозяйственных культур.

Содержание микроэлементов в подстилочном помёте находилось в пределах предельно допустимых концентраций. Содержание в удобрении микроэлементов снизилось по сравнению с элементным составом помёта до закладки эксперимента. Содержание элементов в готовом удобрении можно представить следующим убывающим рядом: $Mn > Fe > Zn > Cu > Ni > Co > Pb > Cd$.

На фоне ферментированного навоза в дозе 29,5 т/га в комплексе с природным цеолитом в дозе 4,5 т/га отмечалось максимальное увеличение запасов влаги, относительно контроля превышение составляло 4,1-4,7 мм, а относительно навоза в чистом виде – 3,1-3,8 мм. Установлена прямая корреляционная связь между запасами продуктивной влаги в почве и урожайностью ярового рапса: $r = +0,46$. Доля влияния признака на урожайность составила 20 % ($dyx = 0,20$); $y = 0,0323x + 1,0998$.

Использование природных цеолитов и ферментированного компоста в технологии рапса обеспечивало повышение величины $pH_{\text{сол}}$ и способствовало переходу почвы в класс с реакцией среды близкой к нейтральной (рисунок 7).

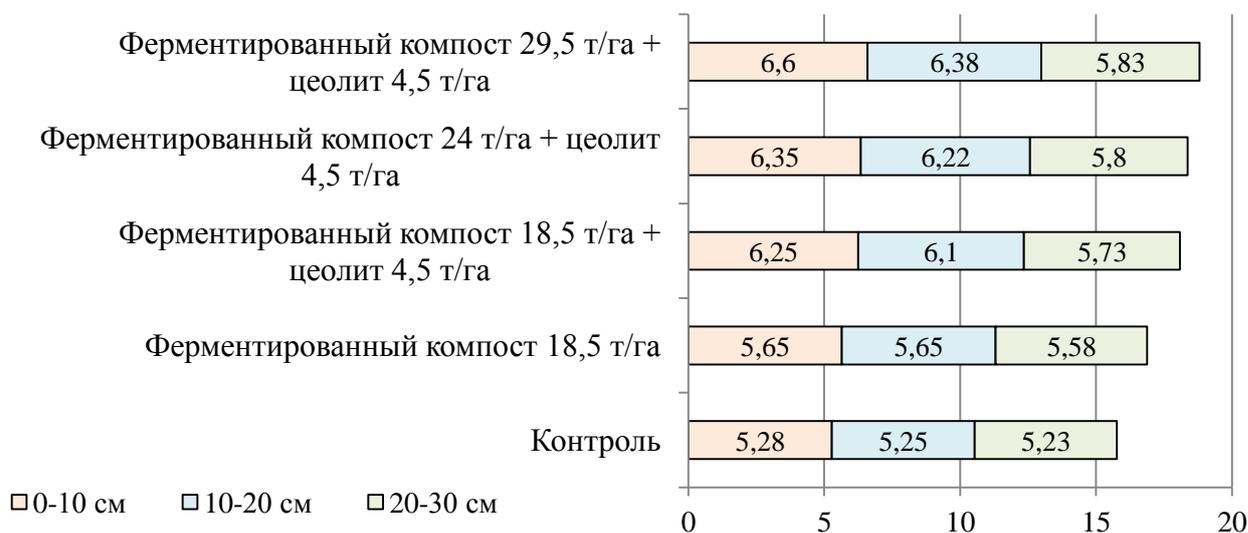


Рисунок 7 – Кислотность почвы в зависимости от доз ферментированного навоза и цеолита (pH), среднее 2019-2022 гг.

На варианте с дозой 18,5 т/га ферментированного компоста в чистом виде величина $pH_{\text{сол}}$ возросла в среднем на 0,35-0,4 по сравнению с контролем, максимальное увеличение которой отмечалось в почвенных слоях 0-10 см и 10-20 см (7,0 и 7,6 %). Использование органических удобрений по фону природных цеолитов приводило к увеличению кислотности почвы по слоям 0-10 см > 10-20 см > 20-30 см.

Урожайность ярового рапса зависела от метеоусловий каждого года и вариантов исследования (таблица 5).

Таблица 5 – Урожайность ярового рапса в годы исследований в зависимости от доз ферментированного компоста и цеолита (т/га), среднее 2019-2022 гг.

Вариант	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	Среднее
Контроль	1,71	2,18	1,95	1,82	1,91
Компост 18,5 т/га	2,00	2,57	2,32	2,12	2,25
Компост 18,5 т/га + цеолит 4,5 т/га	2,24	2,87	2,58	2,41	2,53
Компост 24,0 т/га + цеолит 4,5 т/га	2,43	3,19	2,88	2,72	2,81
Компост 29,5 т/га + цеолит 4,5 т/га	2,59	3,40	3,16	3,08	3,06
НСР ₀₅ , т/га	0,236	0,356	0,306	0,327	-

В среднем за годы исследований максимальная урожайность выявлена на варианте компост 29,5 т/га + цеолит 4,5 т/га и составила 3,06 т/га, что на +1,15 т/га (+60,2 %) выше контроля. Коэффициент корреляции имел сильную прямую связь между величиной урожая и элементами структуры урожая (рисунок 8).

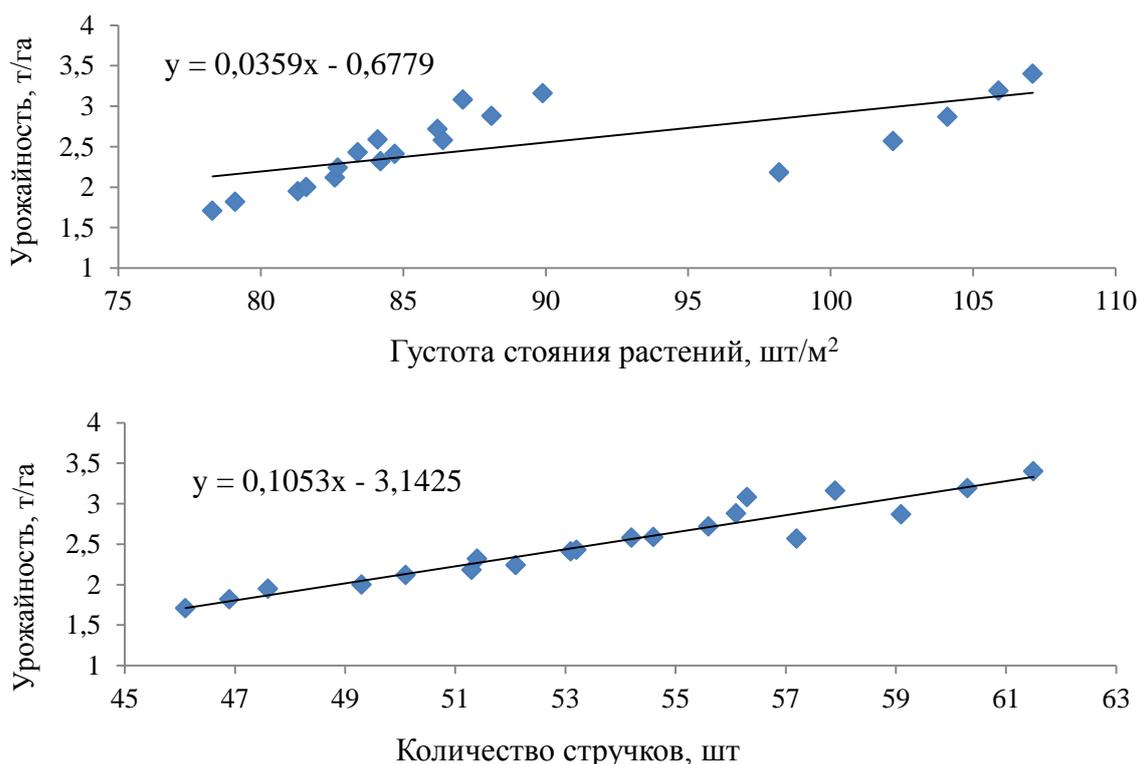


Рисунок 8 – Корреляционная взаимосвязь урожайности ярового рапса с элементами структуры урожая (густота растений, количество стручков)

Коэффициент корреляции имел сильную прямую связь между величиной урожая и числом продуктивных стеблей, массой 1000 семян, количеством стручков и числом семян в стручке, который составил соответственно $r=+0,69$; $r=+0,95$; $r=+0,96$; $r=+0,99$. Доля влияния данных признаков на урожайность

составила соответственно 47% ($d_{yx}=0,47$); 91% ($d_{yx}=0,91$); 93 % ($d_{yx}=0,93$); 98% ($d_{yx}=0,98$).

Возделывание рапса с использованием отходов способствовало снижению содержания жира, в среднем по вариантам с его применением составило 40,5 % (от 40,1 до 42,4 %). Применение цеолита в качестве удобрения достоверно не отразилось на изменении содержания жира в семенах капустной культуры. На контрольном варианте содержание жира в семенах за годы исследований изменялось от 40,6 до 44,1 % и в среднем составило 42,4% (рисунок 9).

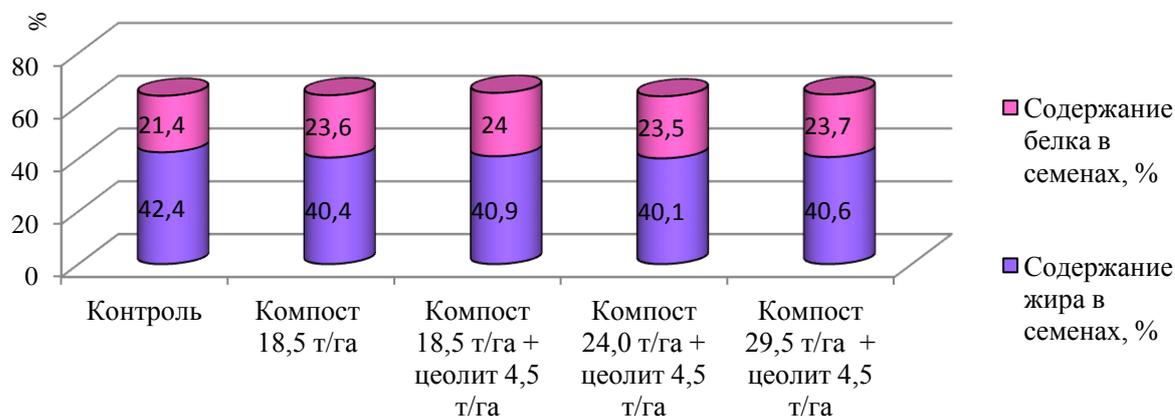


Рисунок 9 – Содержание жира и белка (%) в семенах рапса в зависимости от варианта опыта, среднее 2019-2022 гг.

Контрольный вариант характеризовался минимальными значениями по содержанию протеина (21,4%), а на остальных изучаемых вариантах данный показатель находился в интервале от 23,6 до 24,0 %.

Общий вид линий рентгеновского спектра показывает присутствие элементов в области анализа золы семян рапса (рисунок 10).

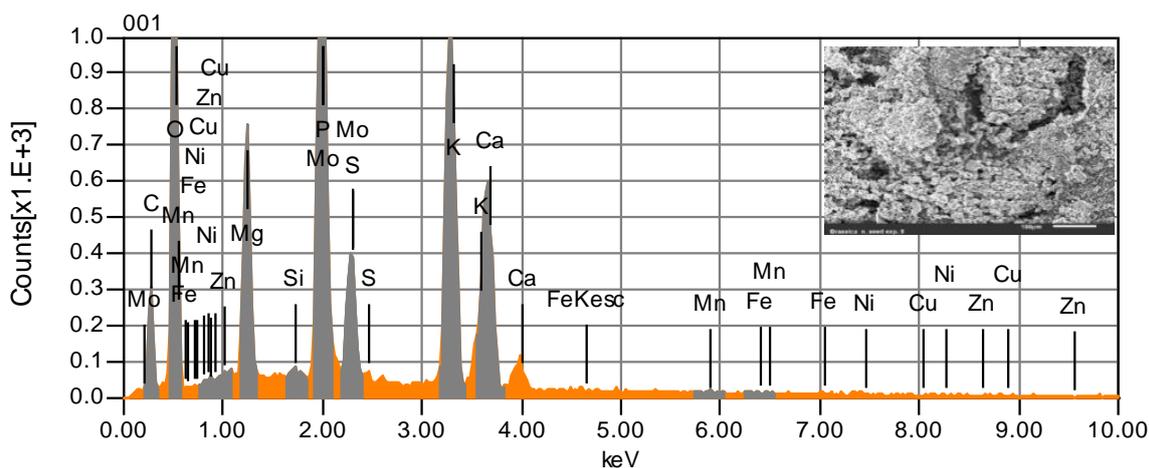


Рисунок 10 – Изображение микроструктуры золы семян рапса и общий вид линий рентгеновского спектра

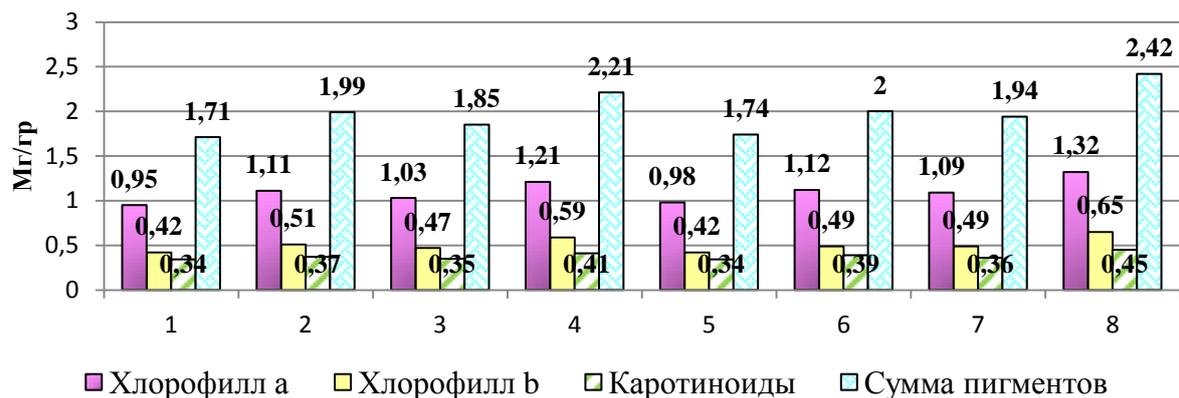
В золе семян культуры, полученных с варианта ферментированный компост 29,5 т/га + цеолит 4,5 т/га, установлено, что преобладающими элементами были фосфор и калий. Убывающий ряд содержания элементов в золе семян рапса следующий: $K \approx P > Ca > Mo > Mg > S > Zn \geq Mn > Fe$.

6. Повышение продуктивности сортов ярового рапса в зависимости от сроков посева и применения агрохимикатов

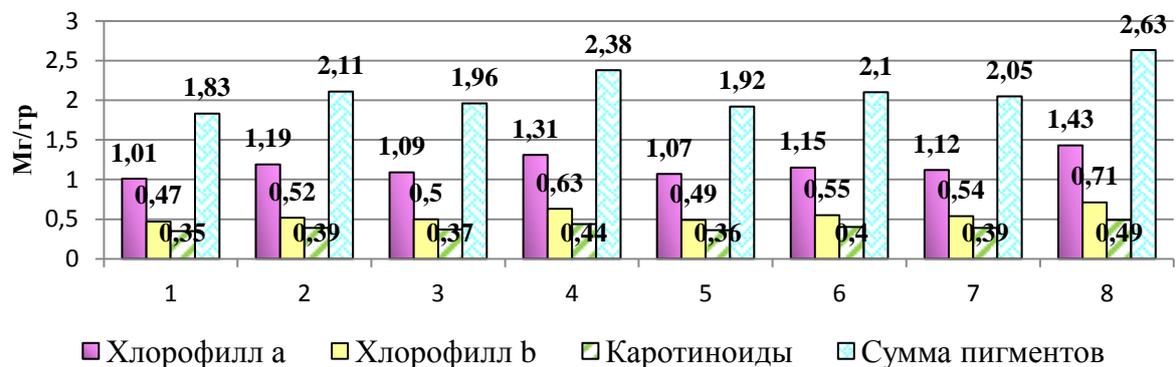
Установлено, что предпосевная обработка семян ярового рапса положительно сказалась на начальных ростовых процессах. Анализ данных позволил отметить, что у обработанных семян энергия прорастания была выше, чем на контроле. Обработка микроудобрением Микромак семян Риф обеспечила энергию прорастания 86,2 %, а семян Форвард – 85,0 %. Микробиологические препараты увеличили энергию прорастания данных семян на +7,2 и +4,6 % по сравнению с контролем.

Оценку состояния пигментного комплекса листьев растений ярового рапса в опыте проводили в фазу цветения. Данный показатель в большей степени зависел от применяемых агрохимикатов и в меньшей – от используемых сортов. Установлено, что в фазе цветения немного больше пигментов формировалось у растений рапса сорта Форвард. В среднем, за годы исследований превышение по данному показателю по сравнению с сортом Риф составило 7,1 %.

Внекорневая подкормка растений Рэгги повлияла на накопление хлорофилла а и хлорофилла b по сравнению с контролем в листьях у сорта Риф на 0,16 (0,09 мг/г сырой массы), у Форвард – на 0,18 (0,05 мг/г) (рисунок 11).



а) сорт Риф



б) сорт Форвард

Варианты: 1. Контроль (без обработки); 2. Рэгги; 3. Микромак; 3. Микромак + Рэгги; 4. Азотовит + Фосфатовит; 5. Азотовит + Фосфатовит + Рэгги; 6. Микромак + Азотовит + Фосфатовит; 7. Микромак + Азотовит + Фосфатовит + Рэгги.

Рисунок 11 – Фотосинтетические пигменты в растениях ярового рапса в фазу цветения (мг/г сырой массы), среднее 2014-2019 гг.

Обработка семян Микромак способствовала большему накоплению данных пигментов в листьях по сравнению с обработкой семян Азотовит и Фосфатовит у всех изучаемых сортов. В среднем, превышение по данным вариантам по сравнению с контролем составило 0,035 и 0,03 мг/г сырой массы.

Максимальному накоплению хлорофиллов а и в способствовала обработка семян комплексом препаратов с последующей внекорневой обработкой вегетирующих растений в фазе стеблевания стимулятором роста Рэгги. У листьев сорта Риф превышение по данным пигментам по сравнению с контролем составило соответственно 0,37 и 0,07 мг/г сырой массы, а у листьев сорта Форвард – 0,42 и 0,24 мг/г сырой массы

Максимальное количество устьиц зафиксировано в листьях рапса на варианте, где проводили комплексную обработку препаратами Микромак, 2 л/т+ Азотовит, 2 л/т + Фосфатовит, 2 л/т + Рэгги, 1,2 л/га. Их количество составило в пределах 500-554 шт/мм² (абаксиальная сторона листа) и 675-691 шт/мм² (адаксиальная сторона листа) (рисунок 12).

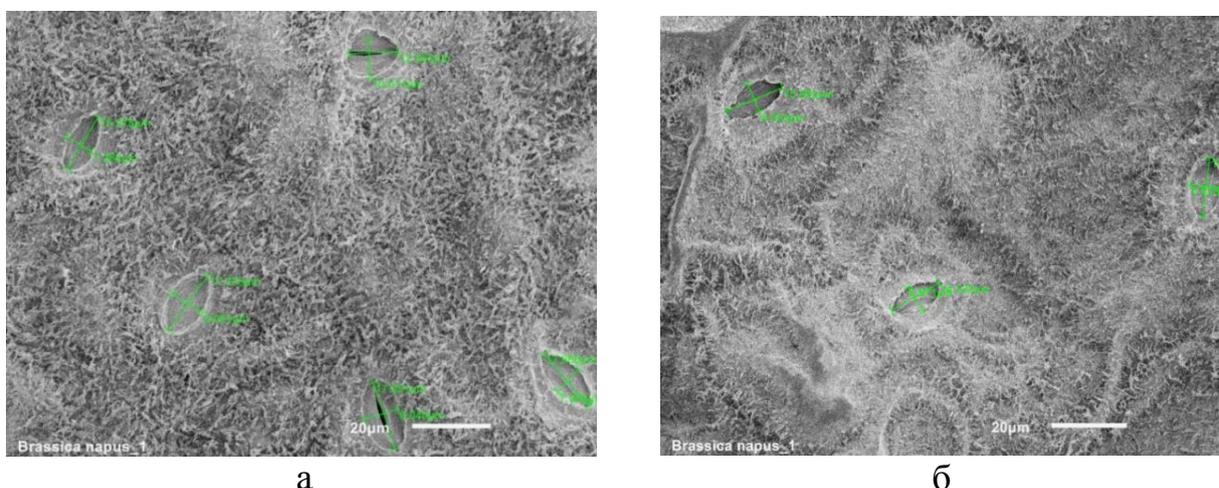


Рисунок 12 – Эпидермис с устьицами на адаксиальной (а) и абаксиальной (б) поверхности листа ярового рапса сорта Форвард (вариант Микромак + Азотовит + Фосфатовит + Рэгги)

Максимальная урожайность получена в агроценозах рапса на вариантах, где применяли обработку семян комплексом препаратов Микромак + Азотовит + Фосфатовит с последующей обработкой растений препаратом Рэгги, прибавка к контролю +0,39 т/га.

Отметим, что обработка растений по вегетации давала большую прибавку в урожае по сравнению с вариантами, где обрабатывали семена однокомпонентными смесями. Внекорневая обработка препаратом Рэгги давала прибавку к контролю в урожае на 12,9 и 12,2 %, а обработка семян Микромаком на 11,9 и 11,7 %, Азотовитом и Фосфатовитом на 11,9 и 10,3 %, соответственно, по сортам Риф и Форвард.

Внекорневая обработка растений Рэгги совместно с обработкой семян обеспечивала максимальный эффект по урожайности. Из двух изучаемых сортов более высокоурожайным оказался сорт Форвард (2,14 т/га), что на 0,2 т/га больше, чем по сорту Риф (таблица б).

Таблица 6 – Урожайность ярового рапса в зависимости от варианта опыта, т/га

Фактор А	Фактор В	Фактор С	Урожайность, т/га							Прибавка урожая	
			2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	среднее	т/га	%
Риф	Контроль (без обработки)	-	1,61	1,72	2,33	2,35	1,66	1,96	1,94	-	-
		+	1,75	1,85	2,55	2,70	1,91	2,37	2,19	0,25	12,9
	Микромак	-	1,78	1,93	2,46	2,69	1,86	2,29	2,17	0,23	11,9
		+	1,88	2,02	2,63	2,86	1,98	2,28	2,28	0,34	17,5
	Азотовит + Фосфатовит	-	1,69	1,89	2,49	2,66	1,89	2,26	2,17	0,23	11,9
		+	1,77	1,94	2,62	2,87	1,97	2,30	2,25	0,31	16,0
Микромак + Азотовит + Фосфатовит	-	1,72	1,96	2,76	2,71	1,93	2,21	2,22	0,28	14,4	
	+	1,81	2,00	2,82	2,86	2,10	2,41	2,33	0,39	20,1	
Форвард	Без обработки	-	1,83	1,94	2,56	2,59	1,76	2,13	2,14	-	-
		+	1,96	2,03	2,74	2,95	2,13	2,59	2,40	0,26	12,2
	Микромак	-	1,99	2,16	2,68	2,93	2,07	2,51	2,39	0,25	11,7
		+	2,05	2,23	2,84	3,06	2,19	2,58	2,49	0,35	16,4
	Азотовит + Фосфатовит	-	1,86	2,05	2,67	3,01	2,09	2,45	2,36	0,22	10,3
		+	1,93	2,13	2,84	3,05	2,19	2,51	2,44	0,30	14,0
Микромак + Азотовит + Фосфатовит	-	1,90	2,18	2,95	2,96	2,15	2,43	2,43	0,29	13,6	
	+	2,08	2,23	3,00	3,09	2,21	2,55	2,53	0,39	18,2	
НСР ₀₅ т/га, фактор А			0,098	0,100	0,065	0,098	0,069	0,060	0,082	-	-
В			0,139	0,141	0,091	0,139	0,097	0,085	0,115		
С			0,098	0,100	0,065	0,098	0,069	0,060	0,082		

Коэффициент корреляции имел среднюю прямую связь между величиной урожая и количеством растений к уборке $r=+0,51$, а доля влияния признака, как густота стояния растений к уборке на урожайность, составила 26% ($dx=0,26$).

В следующем полевом опыте по изучению сроков посева и применения микроудобрений установлено, что оптимальным сроком посева ярового рапса следует выделить I декаду мая, который за все годы исследований характеризовался максимальной урожайностью. Растения рапса раннего (III декада апреля) и позднего (II декада мая) в опыте сроков посева имели более низкую продуктивность. За годы исследований, средняя урожайность по вариантам составила: 2,58 т/га – III декада апреля; 2,77 т/га – I декада мая; 2,52 т/га – II декада мая.

Исследуемые в опыте варианты удобрений увеличивали урожайность ярового рапса от 0,10 т/га до 0,65 т/га по сравнению с вариантами без обработки. Наибольшая прибавка выявлена на делянках рапса при посеве в I декаду мая и обработке растений комплексом агрохимикатов Нутримикс + Яра Вита Бортрак (2,61 т/га), где максимальная урожайность на данном варианте показана в 2020 году (3,44 т/га), прибавка относительно варианта без обработки + 0,59 т/га (+17,2%). Ниже урожайность рапса была на варианте, где применяли обработку Яра Вита Брасситрел + Яра Вита Бортрак: 2,70 т/га - 1 срок; 2,88 т/га - 2 срок; 2,66 т/га - 3 срок (таблица 7).

Таблица 7 – Урожайность ярового рапса в зависимости от варианта опыта, т/га

Посев	Обработка	Урожайность, т/га								
		2016г.	2017г.	2018г.	2019г.	2020г.	2021г.	2022г.	2023г.	сред- нее
III декада апреля	Без обработки (контроль)	2,07	2,21	1,95	2,21	2,64	2,59	2,69	1,89	2,28
	Яра Вита Брасситрел	2,16	2,22	2,07	2,35	2,77	2,71	2,81	1,97	2,38
	Яра Вита Брасситрел + Яра Вита Бортрак	2,44	2,50	2,37	2,75	3,16	2,99	3,10	2,25	2,70
	Нутримикс	2,35	2,59	2,36	2,66	3,08	2,89	3,00	2,15	2,64
	Нутримикс + Яра Вита Бортрак	2,61	2,84	2,69	2,89	3,37	3,14	3,20	2,39	2,89
I декада мая	Без обработки	2,21	2,35	2,10	2,40	2,85	2,82	2,91	2,01	2,46
	Яра Вита Брасситрел	2,45	2,51	2,22	2,56	3,02	2,91	3,10	2,25	2,63
	Яра Вита Брасситрел + Яра Вита Бортрак	2,61	2,73	2,53	2,86	3,31	3,28	3,28	2,40	2,88
	Нутримикс	2,60	2,68	2,46	2,79	3,17	3,10	3,16	2,39	2,79
	Нутримикс + Яра Вита Бортрак	2,89	3,01	2,79	3,10	3,44	3,39	3,35	2,61	3,07
II декада мая	Без обработки	2,01	2,06	1,91	2,12	2,57	2,58	2,56	1,81	2,20
	Яра Вита Брасситрел	2,08	2,15	2,01	2,27	2,79	2,68	2,72	1,90	2,33
	Яра Вита Брасситрел + Яра Вита Бортрак	2,38	2,54	2,35	2,71	3,17	2,89	3,02	2,19	2,66
	Нутримикс	2,29	2,52	2,29	2,54	3,02	2,78	3,01	2,07	2,57
	Нутримикс + Яра Вита Бортрак	2,65	2,79	2,60	2,91	3,30	3,03	3,11	2,38	2,85
НСР ₀₅ , т/га, АВ		0,208	0,164	0,209	0,250	0,252	0,218	0,264	0,245	0,226
А (срок посева)		0,161	0,127	0,162	0,193	0,195	0,169	0,204	0,189	0,175
В (агрохимикат)		0,208	0,164	0,209	0,250	0,152	0,218	0,264	0,245	0,214

Во все годы исследований закономерности полностью подтвердились – по двум изучаемым факторам: лучшим был вариант со сроком посева в I декаде мая при обработке растений Нутримикс + Яра Вита Бортрак.

Для изучения влияния количества стручков на урожайность ярового рапса установлены уравнения регрессии. Исходя из значений коэффициентов регрес-

сии, более тесная связь оказалась на варианте без обработки и на варианте Яра Вита Брасситрел – $r = 0,5-0,6$. На других вариантах – $r = 0,3$ (рисунок 13).

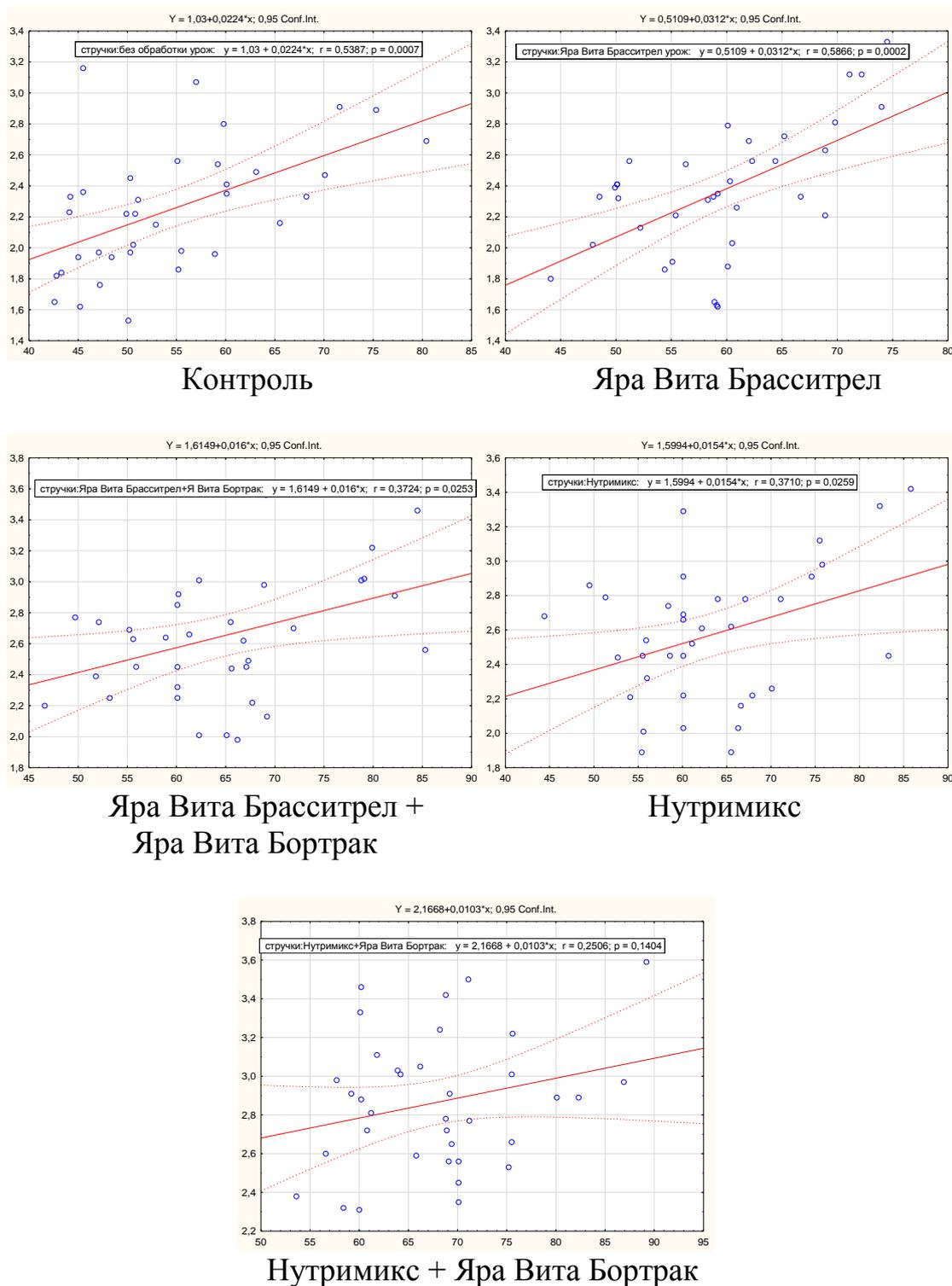
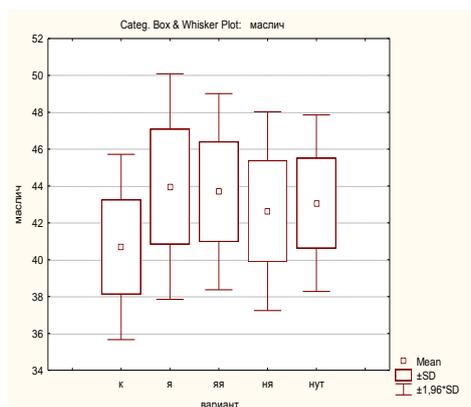


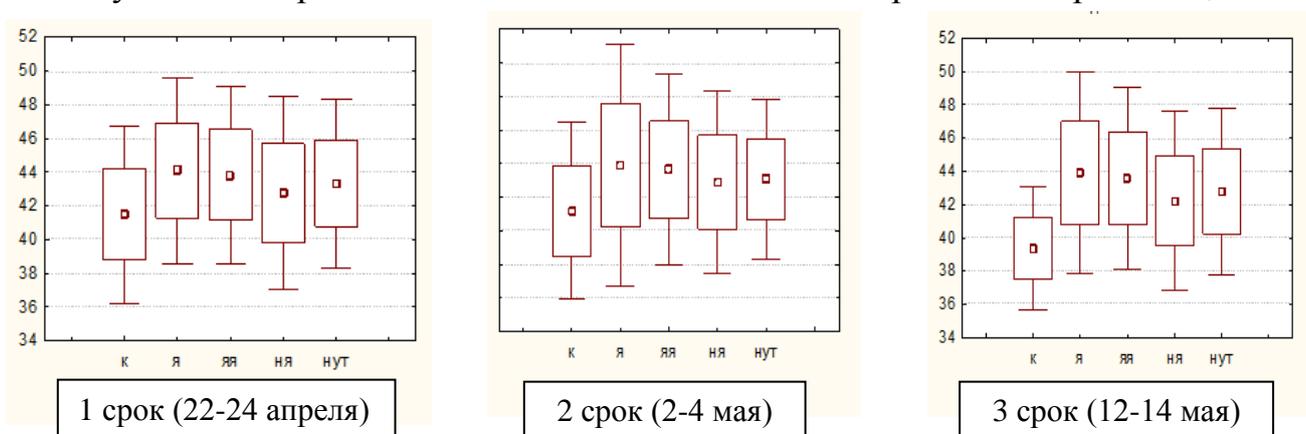
Рисунок 13 – Зависимость урожайности от количества стручков ярового рапса

В среднем, по срокам посева маслячность варьировала в следующих пределах: III декада апреля – 41,2-44,1%; I декада мая – 41,0-43,9%; II декада мая – 39,1-43,4%. Высокое накопление масла в семенах рапса было в вариантах с обработкой растений Яра Вита Брасситрел - от 43,4% до 44,1%, с данной тенденцией по всем срокам посева (рисунок 14, 15).



Варианты: К-контроль; я-Яра Вита Брасситрел; яя-Яра Вита Брасситрел + Яра Вита Бортрак; ня-Нутримикс + Яра Вита Бортрак; н-Нутримикс.

Рисунок 14 – Средние значения масличности семян рапса по вариантам, %



Варианты: К – контроль; я – Яра Вита Брасситрел; яя – Яра Вита Брасситрел + Яра Вита Бортрак; ня – Нутримикс + Яра Вита Бортрак; н – Нутримикс

Рисунок 15 – Варьирование величин масличности (%) семян рапса при разных сроках посева

Анализ сравнения средних значений масличности с контролем позволил установить: значительно по масличности отличаются от контроля только варианты Яра Вита Брасситрел и Яра Вита Брасситрел + Яра Вита Бортрак со сроками посева в III декаду апреля и II декаду мая, при этом посев в III декаду мая дал значимые отличия для всех вариантов. Результат показателей масличности в пределах года по срокам посева показал, что изменчивость незначительная.

Содержание масла в семенах в сильной степени зависело от сложившихся погодных условий. В условиях сухого лета 2018 года (ГТК = 0,77) семена ярового рапса отличались наиболее высокими показателями по содержанию масла (44,0-47,9%). В 2016 году в условиях обильного увлажнения (ГТК = 1,3) масличность составляла от 39,4 до 42,1%.

Валовый выход масла находится в зависимости от содержания жира в семенах и продуктивности культуры. По данному показателю выделился 2 срок посева, выход масла находился по вариантам в следующих пределах от 1008,6 до 1310,9 кг/га. Выход масла у семян рапса выращенного при 1 и 3 сроках посева находились в следующих пределах: 939,4-1228,3 кг/га и 860,2-1191,3 кг/га

соответственно. Ввиду высокой семенной продуктивности на варианте Нутримикс + Яра Вита Бортрак сбор жира на нём был максимальным 1310,9 кг/га, что на +29,9% больше контроля.

Анализ полиненасыщенных кислот (C18:2n6c + C18:2n6t линолевая + линолеадиновая и C18:3n6 γ-линоленовая), моновенасыщенных (C18:1n9c + C18:1n9t олеиновая + элаидиновая, C22:1n9c эруковая, C20:1 гондоиновая) и насыщенных жирных кислот (C20 арахидиновая, C22 бегеновая, C16 пальмитиновая, C18 стеариновая) в масле показал, что самой главной из моновенасыщенных кислот являлась олеиновая, которая относится к классу омега-9. Её содержание находилось в пределах от 60,1 до 65,3%. Минимальное количество данной кислоты отмечалось на варианте без удобрений (60,1-62,8%), а максимальное, где использовали комплекс удобрений Нутримикс + Яра Вита Бортрак в 1 и 2 сроки посева культуры (65,2-65,3%) (рисунок 16).

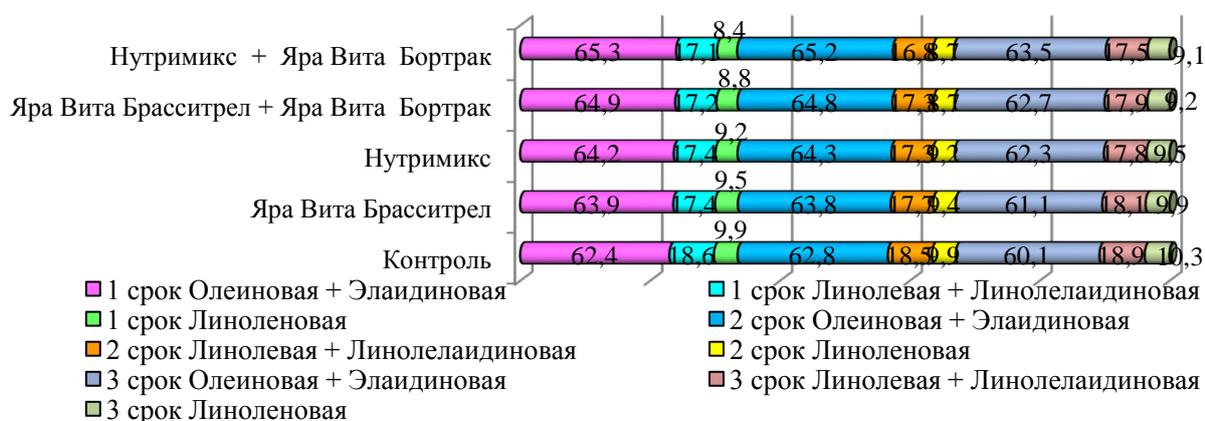


Рисунок 16 – Содержание ненасыщенных жирных кислот в масле, %

Анализ хроматограмм показал, что на долю стеариновой кислоты приходилось от 1,8 до 2,0%, а на долю пальмитиновой – 3,3-3,7%. Эруковая кислота относится к опасным кислотам, как для человека, так и животных. Её количество в изучаемых образцах масла было минимальным во всех вариантах опыта и составило 0,1-0,2% или выявлена в виде следов, не более 0,005%. По данному показателю масло отвечало требованиям к пищевым маслам, так как массовая доля эруковой кислоты не должна превышать 5%.

В полученных образцах масла наличие полиненасыщенных кислот находилось в интервале от 8,4 до 18,9 %. Максимальное общее количество данных кислот (29,2%) было характерно для контроля в масле, полученном из семян третьего срока посева. Максимальное содержание ненасыщенных кислот в масле отмечалось на вариантах в первом и втором сроках посева от 90,7 до 91,2%. Наличие данных кислот в масле, полученном из семян третьего срока посева составило 89,1-90,1%.

Таким образом, первый срок посева обеспечил увеличение масличности семян ярового рапса (41,2-44,1%), но по валовому сбору масла выделился второй срок посева. Максимальными показателями характеризовался вариант Нутримикс + Яра Вита Бортрак, где сбор жира составил 1310,9 кг/га (на +29,9% выше контроля).

7. Экономическая и энергетическая оценка возделывания ярового рапса на семена в исследованиях

Оценка экономической эффективности возделывания ярового рапса на семена в исследованиях проводилась по основным экономическим показателям – сумме производственных затрат, прибыли и уровню рентабельности.

В опыте с изучением дозы, глубины и срока внесения дефеката и минеральных удобрений и обработки семян рапса биологическими препаратами установлено, что лучшими сочетаниями вариантов по факторам, изучаемым в полевом опыте, обеспечивающими самый высокий уровень рентабельности являются 176,9 % и 183,7 %, т.е. внесение 6,3 т/га дефеката с заделкой его на глубину 10 см и внесение 12,6 т/га дефеката с заделкой на глубину 20 см и $N_{140}P_{70}K_{100}$ на планируемый урожай семян рапса 3,5 т/га осенью в сочетании с обработкой семян ярового рапса перед посевом препаратом БСка-3. Значения коэффициента энергетической эффективности в опыте изменялись незначительно – от 2,25 до 3,02. Лучшим сочетанием вариантов, по энергетической эффективности является вариант с осенним внесением 6,3 т/га дефеката с заделкой на глубину 20 см и $N_{140}P_{70}K_{100}$ на планируемый урожай 2,5 т/га в сочетании с обработкой семян ярового рапса препаратом БСка-3. Только здесь коэффициент энергетической эффективности превышает 3 единицы и составляет 3,02.

В трёхфакторном полевом опыте с изучением компостов на основе отходов грибоводства в комплексе с удобрениями, показавшими значение уровня рентабельности, превышающее 200 %, стали варианты с внесением 30 т/га свежего компоста и азотного удобрения с нормой N_{125} в сочетании с обработкой посевов препаратами Полишанс (средняя рентабельность 207,0 %) и Полидон Био Масличный (средняя рентабельность 224,2 %) (рисунок 17).

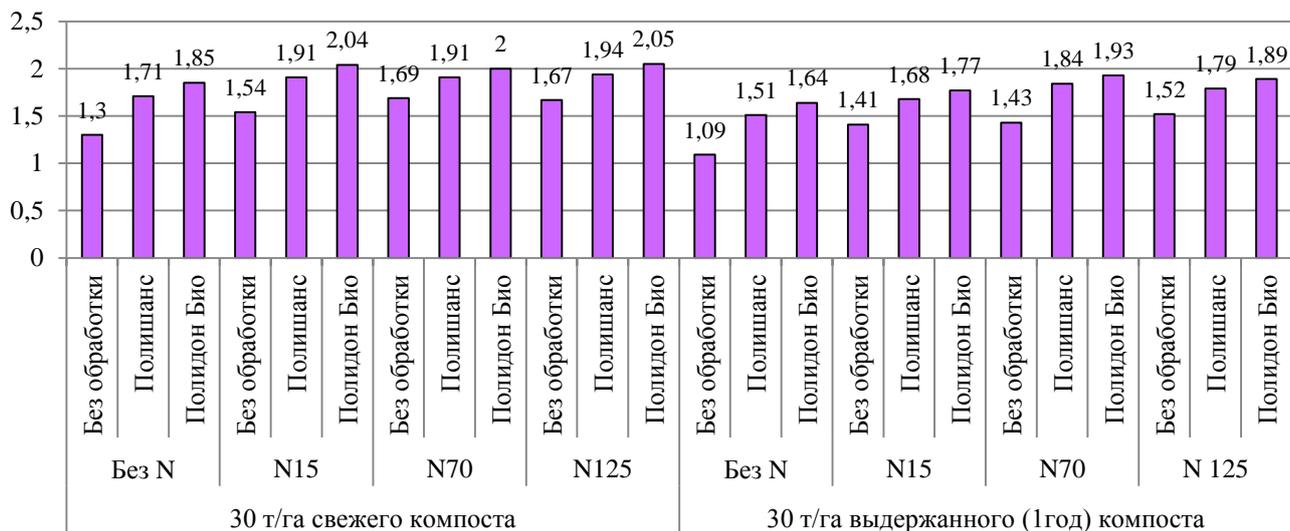


Рисунок 17 – Коэффициент энергетической эффективности в зависимости от комплексного действия компостов и удобрений

Установлено, что наиболее энергетически эффективным является применение следующих вариантов по изученным факторам: внесение 30 т/га свежего компоста; внесение азота с нормой N_{125} на планируемый урожай ярового рапса

3,5 т/га и обработка посевов препаратом Полидон Био Масличный. Необходимо отметить, что в опыте значения коэффициента энергетической эффективности лежат в небольшом интервале от 1,09 до 2,05, но различия между вариантами по некоторым факторам весьма значительны.

Доказана эффективность внесения высоких доз ферментированного компоста с обязательным включением 4,5 т/га природного цеолита, поскольку на варианте без него отмечен относительно небольшой уровень рентабельности 210,6 %, немногим превышающий контроль (рисунок 18).

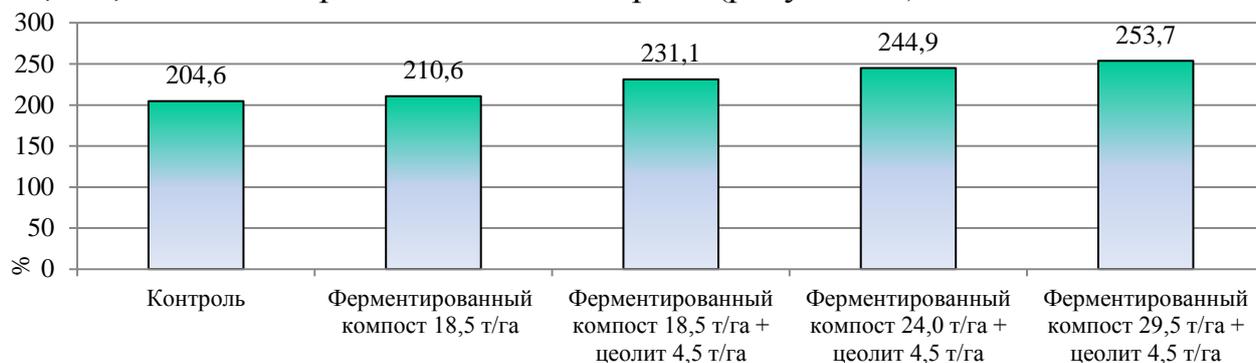


Рисунок 18 – Рентабельность производства маслосемян в зависимости от доз ферментированного компоста и цеолита, %

Важно отметить, что его включение к ферментированному компосту обеспечивает достаточно высокую эффективность. Так, вариант с внесением 18,5 т/га компоста и 4,5 т/га цеолита даёт коэффициент энергетической эффективности 2,64, тогда как при внесении той же дозы компоста без цеолита – всего лишь - 2,41; разница составляет 0,23 или 9,5 % и является значительной.

Лучшим сочетанием изучаемых в опыте вариантов является обработка семян рапса сорта Форвард перед посевом микроудобрением Микромак и микробиологическими препаратами Азотовит и Фосфатовит и обработка вегетирующих растений рапса регулятором роста Рэгги. При такой технологии в опыте получен наивысший показатель уровня рентабельности 204,8 % и даёт наивысший коэффициент энергетической эффективности 3,76.

При изучении сроков посева и обработок растений агрохимикатами по показателям экономической эффективности установлено, что добавление к Нутримиксу препарата Яра Вита Бортрак приводит к получению высокой средней по опыту урожайности рапса 2,94 т/га, в тоже время, прибавка урожая 0,27 т/га не компенсирует в полной мере затрат на применение дорогого препарата Яра Вита Бортрак.

Лучшим сочетанием вариантов по показателям экономической эффективности является посев ярового рапса в оптимальный срок 2-4 мая с последующей двукратной обработкой вегетирующих растений микроудобрением Нутримикс, что даёт наивысший уровень рентабельности 236,6 %. Но по показателю энергетической эффективности: посев рапса 2 мая и обработка посевов препаратами Нутримикс и Яра Вита Бортрак обеспечивает самый высокий коэффициент энергетической эффективности здесь максимальный – 4,53.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании оценки многолетних полевых экспериментов, разработаны и научно обоснованы агротехнические приемы, позволяющие совершенствовать технологию выращивания ярового рапса на семена в условиях лесостепи Центрального Черноземья. По результатам исследований были сформулированы выводы:

1. Из изучаемых почвенных показателей сильной и прямой по направлению являлась взаимосвязь между урожайностью ярового рапса и влажностью пахотного слоя почвы ($r = 0,940$). Увеличение влажности приводит к увеличению урожайности ($t_{\text{факт.}} 12,87 > t_{05} 2,07$). Наиболее значимым во влиянии на изменение влажности выщелоченного тяжелосуглинистого чернозёма по вариантам оказался фактор доза и глубина внесения дефеката и минеральных удобрений, где показатели влажности в слое 0-10 см лежали в пределах в среднем от 17,5% до 20,7%, а в слое 10-20 см от 17,9% до 20,8%.

2. Максимальные показатели элементов структуры урожая получены на варианте с осенним внесением 12,6 т/га дефеката на глубину до 20 см и дозы удобрений $N_{140}P_{70}K_{100}$ с обработкой семян БСка-3, обеспечив густоту стояния растений рапса – 97,8 шт./м², количество стручков на 1 растение – 54,9 шт., массу 1000 семян – 3,25 г, количество семян в стручке – 20,4 шт. Такое сочетание вариантов обеспечило максимальную урожайность маслосемян в 3,53 т/га. Взаимосвязь между урожайностью ярового рапса и изучаемыми элементами её структуры является сильной и прямой.

3. Высокая эффективность при формировании урожая ярового рапса выявлена при комплексном внесении доз дефеката и минеральных удобрений, где все изученные варианты показали достоверные прибавки урожая (от 15,0 до 58,7%) относительно контроля. Установлено, что вносить дефекат и минеральные удобрения эффективней под основную обработку. Обработка семян ярового рапса микробиологическим удобрением БСка-3 даёт среднюю прибавку 0,36 т/га (14,5%), а микробиологическим удобрением Экстрасол – 0,20 т/га (8,1%).

4. Максимальная урожайность семян ярового рапса получена с комплексным внесением 30 т/га свежего компоста, дозы N_{125} на варианте с обработкой растений Полидон Био Масличный, 1,0 л/га, которая составила 3,71 т/га. Множественный корреляционно-регрессионный анализ позволяет заключить, что взаимосвязь между урожайностью рапса и всеми биометрическими показателями является сильной (коэффициент корреляции более 0,8) и прямой ($r > 0$).

5. Корреляционно-регрессионный анализ зависимости урожайности ярового рапса в опыте с изучением компостов на основе отходов грибоводства от суммы осадков и средней температуры воздуха за вегетационный период можно считать лишь предварительным, поскольку во всех расчётах фактические критерии значимости Стьюдента не превышали 2,0 при теоретическом $t_{05} = 2,78$. В целом за вегетацию относительно значимой можно считать лишь связь

между суммой осадков и урожайностью - $r_{yx} = 0,650$ ($D_{yx} = 42,3 \%$); $R = 0,705$ ($R^2 = 49,7 \%$).

6. Поражённость ярового рапса грибными заболеваниями зависела от погоды конкретного года. Высокая в опыте поражённость ярового рапса грибными заболеваниями выявлена в переувлажнённые годы, достигая в 2021 году (наибольший ГТК=1,78) 17,9 % по фузариозу и 19,0 % по альтернариозу. Вторым значимым фактором, влияющим на поражённость рапса грибными заболеваниями, является - вид вносимого компоста. При внесении 30 т/га свежего компоста отмечается 3,9 % поражённости фузариозом и 5,0 % альтернариозом, а при внесении 30 т/га выдержанного в течение 1 года компоста поражённость фузариозом возрастает на 6,4 %, по альтернариозу на 6,2 %.

7. В исследованиях с изучением влияния доз органических удобрений отмечено, что лучшим вариантом является доза 29,5 т/га совместно с цеолитом 4,5 т/га, где урожайность зафиксирована 3,06 т/га, что на 1,15 т/га (60,2 %) выше контроля, обеспечив высокий показатель по валовому сбору протеина 725,2 кг/га. Применение органического удобрения в дозе 29,5 т/га совместно с цеолитом 4,5 т/га способствовало развитию максимальной площади листьев и накоплению сухой органической массы, составив, соответственно, в фазу розетка - 43,4 тыс. м²/га и 36,6 г/м²; стеблевание - 53,5 тыс. м²/га и 187,2 г/м²; бутонизация - 60,4 тыс. м²/га и 345,9 г/м²; цветение - 59,1 тыс. м²/га и 452,9 г/м².

8. Все элементы структуры урожая в опыте с органическим удобрением в комплексе с цеолитом оказали на урожайность положительное влияние. Коэффициент корреляции имел сильную прямую связь между величиной урожая и числом продуктивных стеблей, массой 1000 семян, количеством стручков и числом семян в стручке, который составил, соответственно, $r=+0,69$; $r=+0,95$; $r=+0,96$; $r=+0,99$. Доля влияния данных признаков на урожайность составила, соответственно 47% ($d_{yx}=0,47$); 91% ($d_{yx}=0,91$); 93 % ($d_{yx}=0,93$); 98% ($d_{yx}=0,98$).

9. Высокие показатели по урожайности и масличности ярового рапса выявлены при совместном использовании Микромак, 2 л/т + Азотовит, 2 л/т + Фосфатовит, 2 л/т + Рэгги, 1,2 л/га у сорта Риф - 2,33 т/га (+20,1% к контролю) и 44,4% (+2,4% к контролю), у сорта Форвард - 2,53 т/га (+20,1% к контролю) и 42,5% (+2,3% к контролю) соответственно.

10. Внекорневая обработка Рэгги стимулировала накопление фотосинтетических пигментов в растениях ярового рапса, которая повлияла на увеличение хлорофилла *a* и хлорофилла *b* по сравнению с контролем в листьях у сорта Риф на 0,16 и 0,09 мг/г сырой массы, а у сорта Форвард на 0,18 и 0,05 мг/г сырой массы.

11. Площадь ассимиляционного аппарата была максимальной на варианте Микромак, 2 л/т + Азотовит, 2 л/т + Фосфатовит, 2 л/т + Рэгги, 1,2 л/га, которая составила у растений сорта Риф - 40,1 тыс.м²/га, а у сорта Форвард - 42,9 тыс.м²/га. В результате увеличения листовой поверхности растений рапса на вариантах с применением агрохимикатов, возрастает и среднее количество устьиц на всём растении рапса. Выявлена высокая корреляция между площадью листьев в фазу цветения и количеством устьиц на абаксиальной стороне

листа (у сорта Риф $r = 0,96$, у сорта Форвард $r = 0,90$), между площадью листьев в фазу цветения и количеством устьиц на адаксиальной стороне листа (у сорта Риф $r = 0,94$, у сорта Форвард $r = 0,93$).

12. В опыте с изучением сроков посева установлено, что оптимальным для ярового рапса является посев в I декаду мая с применением некорневой обработки растений микроудобрениями Нутримикс, 2 кг/га + Яра Вита Бортрак, 3 л/га, где зафиксирована максимальная урожайность 2,88 т/га (+24,8%).

13. Во всех изучаемых сроках посева высокое накопление масла в семенах рапса отмечено при обработке растений Яра Вита Брасситрел (43,4% - 44,1%). По валовому выходу масла выделился второй срок посева, где выход масла с 1 га находился по вариантам в следующих пределах от 1008,6 до 1310,9 кг/га.

14. Максимальные показатели экономической эффективности при возделывании ярового рапса с дефекатом при внесении его осенью в дозе 12,6 т/га с заделкой на глубину 20 см совместно с дозой $N_{140}P_{70}K_{100}$ осенью в сочетании с обработкой семян перед посевом БСка-3, где уровень рентабельности 183,7 %, а коэффициент энергетической эффективности составил 2,78.

15. В опыте с внесением 30 т/га свежего компоста и азотного удобрения максимальная рентабельность получена с дозой N_{125} в комплексе с Полишанс (207,0 %) и Полидон Био Масличный (224,2 %). Коэффициенты энергетической эффективности 1,79 и 1,89% соответственно. Доказана эффективность внесения высоких доз ферментированного компоста (29,5 т/га) с включением 4,5 т/га природного цеолита, уровень рентабельности составил 253,7%. Включение добавки в виде цеолита к органическому удобрению (18,5 т/га) увеличивало коэффициент энергетической эффективности от 2,41 до 2,64%. В опытах с применением агрохимикатов максимальная рентабельность получена на вариантах: Форвард + Микромак + Азотовит + Фосфатовит + Рэгги (204,8 %); Риф + посев I декада мая + Нутримикс (236,6 %). Коэффициенты энергетической эффективности 3,76 и 4,16%, соответственно.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

В условиях лесостепи Центрального Черноземья России на черноземе выщелоченном, тяжелосуглинистом для повышения продуктивности ярового рапса рекомендуем:

- внесение осенью дефеката в дозе 12,6 т/га на глубину до 20 см в комплексе с минеральными удобрениями $N_{140}P_{70}K_{100}$ и обработкой семян микробиологическим удобрением БСка-3, 4 л/т, с расходом рабочей жидкости 10 л/т;

- внесение перед вспашкой 30 т/га свежего компоста, с дозой минерального удобрения N_{125} и двукратной обработкой Полидон Био Масличный, 1,0 л/га в фазу бутонизации и в фазу начала развития стручков, с расходом рабочей жидкости 300 л/га;

- внесение перед вспашкой органического удобрения в дозе 29,5 т/га в комплексе с природным цеолитом в дозе 4,5 т/га;

- обработка семян сортов Риф и Форвард комплексом агрохимикатов Микромак, 2 л/т + Азотовит, 2 л/т + Фосфатовит, 2 л/т с расходом рабочей жидкости 10 л/т, и с последующей обработкой растений Рэгги, 1,2 л/га, в фазе начала стеблевания, с расходом рабочей жидкости 300 л/га;

- посев семян ярового рапса сорта Риф в I декаду мая с применением некорневой подкормки Нутримикс, 2 кг/га, двукратно в фазу 3-4 листьев и бутонизации, с расходом рабочей жидкости 200 л/га.

ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ

Материалы данной диссертационной работы являются перспективными для внедрения в производство в условиях Центрального Черноземья, которые целесообразно использовать при совершенствовании и применении региональных агротехнологий выращивания масличных капустных культур. Перспективы дальнейшей разработки темы могут быть связаны с интродукцией и расширением производства масличных культур в регионе с учетом разработанных и усовершенствованных элементов агротехнологии ярового рапса. Определенный научный интерес представляют вопросы состояния почв, использования предложенных доз и сроков минерального питания, применения дефеката, грибных компостов, органических отходов птицефабрик и цеолита с учетом агрохимического состояния почв; поиском новых видов экологически безопасных удобрений и включением их в технологию производства сельскохозяйственных культур.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в перечне рецензируемых изданий, из списка рекомендованных ВАК РФ:

1. Зубкова, Т.В. Влияние гербицидов на продуктивность ярового рапса / Т.В. Зубкова, В.А. Гулидова // Защита и карантин растений. - 2014. - № 9. - С. 25-26.
2. Зубкова, Т.В. Применение микроудобрений в виде некорневых подкормок на яровом рапсе / Т.В. Зубкова, В.А. Гулидова // Плодоводство и ягодоводство России. - 2014. - № 1 (40). - С. 138-141.
3. Зубкова, Т.В. Влияние органических удобрений и природного цеолита на содержание пигментов и урожайность растений рапса сорта Риф / Т.В. Зубкова, О.А. Дубровина, С.М. Мотылева // Аграрный вестник Урала. - 2020. - № 2 (193). - С. 2-8. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-193-2-2-8.
4. Зубкова, Т.В. Перспективы использования органоминеральных удобрений на посевах ярового рапса / Т.В. Зубкова, О.А. Дубровина, Д.В. Виноградов, С.М. Мотылёва, В.Л. Захаров // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. - 2020. - № 4. - С. 35-40.
5. Зубкова, Т.В. Влияние органических удобрений и природного цеолита на урожайность и качество семян ярового рапса / Т.В. Зубкова, О.А. Дубровина, С.М. Мотылёва, В.Л. Захаров // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. - 2020. - № 1 (60). - С. 55-57.
6. Зубкова, Т.В. Накопление микроэлементов растениями ярового рапса при использовании куриного помёта и цеолита / О.А. Дубровина, Т.В. Зубкова, Д.В. Виноградов // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П. А. Костычева. - 2020. - №4. - С. 17-23. DOI: 10.36508/RSATU.2020.48.4.003.
7. Зубкова, Т.В. Свойства органоминерального удобрения на основе куриного помёта и применение его в технологии ярового рапса на семена / Т.В. Зубкова, Д.В. Виноградов // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. - № 1 (53). - С. 46-54. DOI: 10.18286/1816-4501-2021-1-46-54.
8. Зубкова, Т.В. Эффективность некорневой обработки микроудобрениями при выращивании ярового рапса / Зубкова Т.В., Виноградов Д.В., Гогмачадзе Г.Д. // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. – 2021. – №1. - [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://agroecoinfo.narod.ru/journal/СТАТУИ/2021/1/st_121.pdf. DOI: <https://doi.org/10.51419/20211121>.
9. Зубкова, Т.В. Влияние применения цеолита на урожайность рапса и качество масла полученного из его семян / Т.В. Зубкова, Д.В. Виноградов // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. - 2021. - № 5. (199). - С. 23-29.
10. Зубкова, Т.В. Морфологические и химические свойства новых удобрений и применение их при возделывании рапса / Т.В. Зубкова, Д.В. Виноградов, С.М. Мотылёва, О.А. Дубровина // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова. - 2021. - № 2 (63). - С. 13-21. DOI: 10.34655/bgsha.2021.63.2.002.
11. Зубкова, Т.В. Влияние органоминеральных удобрений на накопление Cu и Zn в растениях ярового рапса / Т.В. Зубкова, Д.В. Виноградов, О.А. Дубровина, В.Л. Захаров // Вестник КрасГАУ. - 2021. - № 9. - С.10-15. DOI: 10.36718/1819-4036-2021-9-10-15.
12. Зубкова, Т.В. Результаты агроэкологического испытания сортов ярового рапса в условиях лесостепи Центрально-Черноземного региона и анализ качества масла, полученного из его семян / Т.В. Зубкова // Вестник КрасГАУ. - 2022. - № 1. - С. 69–75. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-1-69-75. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-1-69-75.
13. Зубкова, Т.В. Исследование влияния органических и минеральных удобрений на урожайность рапса и зольный состав его маслосемян / Т.В. Зубкова, С.М. Мотылёва, Д.В.

Виноградов // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. - 2022. - № 1 (57). - С. 77-84. DOI 10.18286/1816-4501-2022-1-77-84.

14. Зубкова, Т.В. Эффективность применения природных минералов Тербунского месторождения и органических отходов при возделывании рапса / Т.В. Зубкова // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. – 2022. – №1. – [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://agroecoinfo.ru/STATYI/2022/1/st_105.pdf. DOI: <https://doi.org/10.51419/202121105>.

15. Зубкова, Т.В. Продуктивность ярового рапса при использовании многокомпонентных удобрений / Т.В. Зубкова // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. - 2022. - № 1 (17). - С. 7-19. doi: 10.22363/2312-797X-2022-17-1-7-19.

16. Зубкова, Т. В. Морфо-биохимические особенности и продуктивность рапса при использовании цеолитов в условиях Липецкой области / Т.В. Зубкова, Д.В. Виноградов // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. - 2022. - №1. - С. 12–19. doi: 10.55471/19973225_2022_7_1_12.

17. Зубкова, Т.В. Увеличение урожайности ярового рапса в условиях Центрально-Чернозёмной зоны России / Т.В. Зубкова, Д.В. Виноградов, П.Н. Балабко, Г.Д. Гогмачадзе // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. – 2022. – № 3. – [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://agroecoinfo.ru/STATYI/2022/3/st_333.pdf. DOI: <https://doi.org/10.51419/202123333>.

18. Зубкова, Т.В. Исследование влияния органических и минеральных удобрений на урожайность рапса и зольный состав его маслосемян / Т.В. Зубкова, С.М. Мотылева, Д.В. Виноградов // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. - 2022. - № 1 (57). - С. 77-84. DOI: 10.18286/1816-4501-2022-1-77-84.

19. Зубкова, Т.В. Продуктивность сельскохозяйственных культур при использовании органоминеральных удобрений на основе отработанного грибного компоста / Т.В. Зубкова, Д.В. Виноградов // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. - 2023. - № 1 (18). - С. 20-30. DOI: 10.22363/2312-797X-2022-17-1-7-19.

20. Зубкова, Т.В. Влияние органических удобрений и природного цеолита на морфометрические характеристики пыльцы Brassica napus / Т.В. Зубкова, Д.В. Виноградов // Вестник КрасГАУ. - 2023. - № 2 (191). - С. 12-19. DOI: 10.36718/1819-4036-2023-2-12-19.

21. Зубкова, Т.В. Особенности применения микроудобрений в агроценозах ярового рапса / Т.В. Зубкова, М.Т. Мухина, Д.В. Виноградов // Плодородие. - 2023. - № 3 (132). - С. 44-48. DOI: 10.25680/S19948603.2023.132.11.

22. Зубкова, Т.В. Влияние сроков посева на урожайность и масличность ярового рапса / Т.В. Зубкова // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. – 2023. – № 1. - [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://agroecoinfo.ru/STATYI/2023/1/st_122.pdf. DOI: <https://doi.org/10.51419/202131122>.

23. Зубкова, Т.В. Эффективность современных гербицидов имидазолиновой группы в агроценозах ярового рапса / Соколов А.А., Д.В. Виноградов, Т.В. Зубкова // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. - 2023. - № 1. (15) - С. 99-107. DOI: 10.36508/RSATU.2023.62.64.013.

24. Зубкова, Т.В. Использование в качестве удобрений азотосодержащих производственных отходов животноводческого происхождения / Т.В. Зубкова, А.В. Бутов, А.А. Соколов, Д.В. Виноградов, П.Н. Балабко, Г.Д. Гогмачадзе // АгроЭкоИнфо. - 2023. - № 1 (55). - [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://agroecoinfo.ru/STATYI/2023/1/st_121.pdf.

25. Зубкова, Т.В. Воздействие природного минерала на свойства и урожайность ярового рапса / Т.В. Зубкова, Д.В. Виноградов // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. - 2023. - № 2 (62). - С. 12-21. DOI: 10.18286/1816-4501-2023-2-12-20.

26. Зубкова, Т.В. Влияние способов обработки и биологических удобрений на урожайность ярового рапса и озимой пшеницы в условиях лесостепи / Д.В. Виноградов, Т.В. Зубкова // Аграрный научный журнал. - 2023. - № 11. - С. 21-28.

27. Зубкова, Т.В. Биологическая активность почвы и продуктивность ярового рапса в зависимости от применения удобрений на фоне внесения дефеката в условиях лесостепи ЦЧР / Т.В. Зубкова // Вестник НГАУ. - 2024. - № 1(70). - С. 26-33.

**Публикации, входящие в международные базы
данных Scopus и Web of Science:**

28. Zubkova, T.V. The dependence of photosynthetic indices and the yield of spring rape on foliar fertilization with microfertilizers / V.A. Gulidova, T.V. Zubkova, V.A. Kravchenko, O.A. Dubrovina // OnLine Journal of Biological Sciences. - 2017. - Vol. 17. No. 4. - P. 404-407. DOI:<https://doi.org/10.3844/ojbsci.2017.404.407> [Scopus].

29. Zubkova, T.V. On the ways of improving photosynthesis productivity in spring rape plants in the crops / V.A. Gulidova, T.V. Zubkova, V.A. Kravchenko, O.A. Dubrovina // Ecology, Environment and Conservation. - 2019. - Vol. 25. - No. 2. - P. 577-581 [Scopus].

30. Zubkova, T.V. The study of rape seed plants development in the rosette phase in the face of organic fertilizers and natural zeolite / T.V. Zubkova, S.M. Motyleva, O.A. Dubrovina // Ecology, Environment and Conservation. - 2020. - Vol. 26. - No. 1. - P. 465-470 [Scopus].

31. Zubkova, T.V. The study of rapeseeds ash composition in the conditions of the agroecological experiment / T.V. Zubkova, S.M. Motyleva, O.A. Dubrovina, & J. Brindza // Potravinárstvo Slovak Journal of Food Sciences. - 2021.- № 15.- pp. 156–161. <https://doi.org/10.5219/1356>.

32. Zubkova, T.V. Chemical and analytical properties of zeolite-containing rocks, poultry farm waste and their composite mixtures / T.V. Zubkova, S.M. Motyleva, O.A. Dubrovina // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. - 2021. - P. 52031. DOI: 10.1088/1755-1315/677/5/052031 [Scopus].

33. Zubkova, T.V. Microelement composition of spring rape plants depending on the specified experimental conditions / T.V. Zubkova, D.V. Vinogradov, V.L. Zakharov // IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. - 2022. - 979. P.012094. DOI: 10.1088/1755-1315/979/1/012094. [Scopus].

34. Zubkova, T.V. Ways to increase the productivity of crop rotation in the forest-steppe conditions of the European part of Russia / D.V. Vinogradov, T.V. Zubkova // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. - 2022. - 979. P.012060. DOI: 10.1088/1755-1315/979/1/012060 [Scopus].

35. Zubkova, T.V. The use of organic fertilizers based on waste mushroom compost in agricultural crop production technologies / D.V. Vinogradov, T.V. Zubkova // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 1010. - 2022. - P. 012013 doi:10.1088/1755-1315/1010/1/012013 [Scopus].

36. Zubkova, T.V. Accumulation of Heavy Metals by Soil and Agricultural Plants in the Zone of Technogenic Impact / Vinogradov D.V., Zubkova T.V. Indian Journal of Agricultural Research. - 2022. - 56(2): P.201-207. DOI: 10.18805/IJARE.A-651. [Scopus].

37. Zubkova, T.V. Effect of zeolite on the micromorphological and biochemical features of the spring rapeseed (*Brassica napus* L.) / T.V. Zubkova, D.V. Vinogradov, O.A. Dubrovina // SABRAO J. Breed. Genet. 2022. - 54(1): P.153-164 <http://doi.org/10.54910/sabrao2022.54.1.14> [Web of Science, Scopus].

38. Zubkova, T.V. Organic fertilizer and natural zeolite effects on morphometric traits of *Brassica napus* L. pollen grains / T.V. Zubkova, S.M. Motyleva, D.V. Vinogradov, V.A. Gulidova, O.A. Dubrovina // SABRAO J. Breed. Genet. - 2022. - 54(2): P.397-406 <http://doi.org/10.54910/sabrao2022.54.2.15>. [Web of Science, Scopus].

39. Zubkova, T.V. The use of fertilizer mixtures based on sewage sludge and zeolite in oilseed agrocenoses / D.V. Vinogradov, M.P. Makarova, T.V. Zubkova // Theoretical and Applied

Ecology. - 2023. - No. 1 - P. 93-100. DOI: 10.25750/1995-4301-2023-1-093-100. [Web of Science, Scopus].

40. Zubkova, T.V. Study of imidazolinone-resistant hybrids of rapeseed and sunflower for yield depending on doses of mineral nutrition / D.V. Vinogradov, T.V. Zubkova // BIO Web of Conferences, 010 CIBTA-II. - 2023. - P. 01044 DOI: <https://doi.org/10.1051/bioconf/20237101044> [Scopus].

41. Zubkova, T.V. Effectiveness of foliar fertilizing spring oilseed rape in the forest-steppe conditions of central black earth economic region of Russia / T.V. Zubkova, D.V. Vinogradov, Butov M.D. // BIO Web of Conferences, 010 CIBTA-II. - 2023. P. 01035 DOI: <https://doi.org/10.1051/bioconf/20237101035> [Scopus].

42. Zubkova, T.V. The use of the developed mushroom compost in the technology of growing crops / T.V. Zubkova, I.S. Pityurina, D.V. Vinogradov // BIO Web of Conferences, 010 CIBTA-II. - 2023. - P. 01023 DOI: <https://doi.org/10.1051/bioconf/20237101023> [Scopus].

43. Zubkova T.V. Productivity of spring rape (*Brassica napus* var. *Napus*) and spring colza (*Brassica rapa* L. subsp. *campestris*) against the background of biological fertilizers / D.V. Vinogradov, T.V. Zubkova // AIP Conference Proceedings. - 2023. - 3011(1). - 20017 [Scopus].

44. Zubkova, T.V. Productivity of oil flax depending on doses of fertilizers and correlation and statistical analysis of the study factors / A.A. Podlipnaya, D.V. Vinogradov, T.V. Zubkova // Siberian journal of life sciences and agriculture. - 2024. - No. 1 [Scopus].

45. Zubkova, T.V. Heavy Metal Contamination of Gray Forest Soil in Oilseed Agrocenoses using Mineral Fertilizers. / Vinogradov D.V., Zubkova T.V. Indian Journal of Agricultural Research. - 2024. - P. 1-6 DOI: 10.18805/IJARE.AF-698. [Scopus].

Публикации в журналах, тематических сборниках и материалах конференций:

46. Зубкова, Т.В. Новые сорта и гибриды ярового рапса / Т.В. Зубкова // Сб. науч. трудов СНИИЖиК, 2014. - Т. 2. - № 7. - С. 586-588.

47. Zubkova, T.V. Methods to increase spring rape yield and rape product quality in the conditions of central black earth region woodland grass / T.V. Zubkova, V.A. Gulidova // Indian Journal of Science and Technology, 2015. - Т.8. - № 34. - С. IPL0867.

48. Зубкова, Т.В. Хозяйственно-биологические особенности сортов и гибридов ярового рапса в условиях лесостепи центрального Черноземья / В.А. Гулидова, Т.В. Зубкова // Повышение эффективности селекции, семеноводства и технологии возделывания рапса и других масличных капустных культур. Межд. совещание по рапсу. Изд-во: ЕГУ им. И.А. Бунина. - Елец, 2016. - С. 100-109.

49. Зубкова, Т.В. Высокоолеиновые подсолнечник и рапс / Т.В. Зубкова // Сб. тезисов форума "Наука будущего - наука молодых". - Нижний Новгород. Изд-во: ООО "Инконсалт К", 2017. - С. 6-7.

50. Зубкова, Т.В. Зависимость чистой продуктивности фотосинтеза рапса от внесения органических удобрений и природного цеолита / Т.В. Зубкова, О.А. Дубровина, С.М. Мотылёва, М.Е. Мертвищева // В сб.: Приоритетные научные исследования и инновационные технологии в АПК: Наука – производству. матер. нац. науч.- практич. конф. - Волгоград: ВГАУ, 2019. - С. 256-260.

51. Зубкова, Т.В. Чистая продуктивность фотосинтеза ярового рапса в зависимости от внесения органических удобрений и природного цеолита / Т.В. Зубкова, О.А. Дубровина // Сб. научных трудов: матер. межд. науч.-практич. конф. факультета агрономии, агрохимии и экологии. Воронеж. - Изд-во: ВГАУ им. Императора Петра I, 2019. - С. 249-253.

52. Зубкова, Т.В. Использование цеолитов и органических удобрений в технологии возделывания ярового рапса в условиях лесостепи ЦЧР / Т.В. Зубкова, С.М. Мотылёва, М.Е. Мертвищева // Сб.: Плодородие почв России: состояние, тенденции и прогноз: Матер. межд. конф. - Москва: ВНИИА им. Д.Н. Прянишникова, 2019. - С. 114-117.

53. Зубкова, Т.В. Перспективы использования органических отходов птицефабрик совместно с природным цеолитом в агротехнологии ярового рапса / Т.В. Зубкова, О.А. Дубровина, С.М. Мотылева, М.Е. Мертвищева // Сб.: Современные проблемы пищевой безопасности: Матер. межд. науч. конф. - Санкт-Петербург: СПГУВМ, 2020. - С. 206-209.
54. Зубкова, Т.В. Накопление хлорофилла в листьях рапса (*Brassica napus*) в зависимости от условий агроэкологических опытов / Т.В. Зубкова, С.Ю. Мотылёва, О.А. Дубровина // В книге: Молекулярные, мембранные и клеточные основы функционирования биосистем. Тезисы докладов межд. науч. конф. - Минск: БГУ, 2020. - С. 175.
55. Зубкова, Т.В. Урожайность ярового рапса и использование жмыха из его семян в хлебопекарной промышленности / Т.В. Зубкова, А.Л. Лысова // Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных агротехнологий: Матер. V межд. науч. - практич. конф. - Рязань: ФГБОУ ВО РГАТУ, 2021. - 466 с.
56. Зубкова, Т.В. Применение новых удобрений в технологии возделывания ярового рапса / Т.В. Зубкова, С.М. Мотылёва, М.Е. Мертвищева // Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных агротехнологий: Матер. V межд. науч.- практич. конф. - Рязань: ФГБОУ ВО РГАТУ, 2021. - 466 с.
57. Зубкова, Т.В. Изучение показателей качества удобрения на основе органических отходов птицефабрик и применение его в технологии рапса // Развитие научного наследия великого учёного на современном этапе. Сб. межд. науч.- практич. конф. - Махачкала, 2021. - 493 с.
58. Зубкова, Т.В. Качественный анализ органоминерального удобрения и его использование в посевах ярового рапса / Т.В. Зубкова, Д.В. Виноградов // Технологические аспекты возделывания сельскохозяйственных культур: Сб. статей по материалам XVIII Межд. науч.- практич. конф. - Горки: БГСХА, 2021. - Т38. - 184 с.
59. Zubkova T.V. Heavy metal contamination of gray forest soil in oilseed agrocenoses using mineral fertilizers / T.V. Zubkova, D.V. Vinogradov // Актуальные научно-технические и экологические проблемы сохранения среды обитания: Сб. тезисов докладов IV Межд. науч.- практич. конф. - Брест: БрГТУ, 2021. - 128 с.
60. Zubkova, T.V. Ecological-agrochemical techniques for increasing crop rotation productivity under conditions non-black earth zone of Russia / D.V. Vinogradov, T.V. Zubkova // Актуальные научно-технические и экологические проблемы сохранения среды обитания : сб. тезисов докладов IV Межд. науч.-практич. конф. - Брест: БрГТУ, 2021. - 128 с.
61. Зубкова Т.В. Возделывание ярового рапса в условиях лесостепи Центрально-чернозёмного региона / Т.В. Зубкова // Сб: Современное состояние и инновационные пути развития земледелия, мелиорации и защиты почв от эрозии. Матер. нац. науч. - практич. конф. - Ижевск: ИГСХА, 2022. - С. 59-63.
62. Зубкова, Т.В. Возделывание масличных культур с применением цеолитсодержащей породы / Т.В. Зубкова, Р.В. Щучка, Т.Ю. Дубровина // Разнообразие и устойчивое развитие агробиоценозов Омского Прииртышья: матер. Всерос. (национ.) конф. - Омск: ОмГАУ, 2022. - С.101-105.
63. Зубкова, Т.В. Влияние дефеката на почвенную биоту чернозёмов / Т.В. Зубкова, Д.В. Виноградов // Матер. межд. науч. - практич. конф. «Фундаментальные и прикладные аспекты микробиологии в науке и образовании». Рязань: ФГБОУ ВО РязГМУ Минздрава России, 2022. - С.114-117.
64. Зубкова, Т.В. Возделывание ярового рапса с применением гумата / Т.В. Зубкова, И.И. Сергеева, О.А. Дубровина // Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных агротехнологий: матер. VI межд. науч. - практич. конф. - Рязань: ФГБОУ ВО РГАТУ, 2022. - С.75-79.
65. Зубкова, Т.В. Урожайность ярового рапса в зависимости от применения биологически активных препаратов / В.А. Чугунков, Т.В. Зубкова, Д.В. Виноградов // Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных агротехнологий: материалы VI межд. науч. - практич. конф. - Рязань: ФГБОУ ВО РГАТУ, 2022. - С.75-79.

66. Зубкова, Т.В. Питание растений ярового рапса / Т.В. Зубкова // Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных агротехнологий: материалы VII межд. науч. - практич. конф. - Рязань: ФГБОУ ВО РГАТУ, 2023. - С. 85-88.

67. Зубкова, Т.В. Болезни и вредители ярового рапса / Т.В. Зубкова, Д.В. Виноградов // Технологические аспекты возделывания сельскохозяйственных культур: сборник статей по материалам XXI Межд. науч. - практич. конф. – Горки: БГСХА, 2023. - С. 71-75.

68. Зубкова Т.В. Повышение продуктивности почвы в связи с применением природного минерала / Зубкова Т.В., Виноградов Д.В. // В сб.: Науки о земле: вчера, сегодня, завтра. - Баку, 2023. - С. 231-233.

69. Зубкова Т.В. Основные болезни масличных культур и методы борьбы с ними / К.Д. Сазонкин, Т.В. Зубкова // Всероссийская научно-практическая конференция «ВЕКовое растениеводство». - Пермь, 2023. - С. 148-151.

70. Зубкова Т.В. Оценка последствий используемых в опыте удобрений / Т.В. Зубкова // В сб: Высокоэффективные технологии в агропромышленном комплексе. - Елец, 2023. - С. 50-51.

Монография и учебные пособия:

71. Зубкова, Т.В. Приёмы повышения продуктивности рапса: Монография / Е.И. Лупова, А.С. Мастеров, Д.В. Виноградов, Е.И. Шершнева, Т.В. Зубкова. - Елец: ЕГУ им. И.А. Бунина, 2021. – 156 с. ISBN 978-5-00151-198-4.

72. Зубкова, Т.В. Новые аспекты в производстве семян ярового рапса: Монография / Т.В. Зубкова. - Елец: ЕГУ им. И.А. Бунина, 2022. - 160 с. ISBN 978-5-00151-309-4.

73. Зубкова, Т.В. Адаптивные технологии производства масличных культур в условиях лесостепи Центрального Черноземья / Т.В. Зубкова, Д.В. Виноградов // Учебное пособие. Рекомендовано Федеральным УМО РФ для использования в учебном процессе. - Рязань: ИП Колупаева Е.В., 2023. - 148 с. ISBN 978-5-6049302-2-9.

74. Зубкова Т.В. Технология хранения и переработки зерновых, зернобобовых и масличных культур / Т.В. Зубкова, Д.В. Виноградов // Учебное пособие. Рекомендовано Федеральным УМО РФ для использования в учебном процессе. - Рязань: ИП Колупаева Е.В., 2023. - 168 с. ISBN 978-5-6049998-1-3.

Патенты

75. Патент на изобретение RU 2742338 С1, 04.02.2021. Способ получения органоминерального удобрения за счёт биотрансформации куриного помёта / Т.В. Зубкова, О.А. Дубровина, В.Л. Захаров, Д.С. Бекренёв. Заявка № 2020129288 от 03.09.2020.

76. Патент на изобретение RU 2762090, 15.12.2021. Способ предпосевной обработки семян озимого рапса / Д.В. Виноградов, Н.В. Бышов, К.Д. Сазонкин, Т.В. Зубкова [и др.]. Заявка №2020144367 от 30.12.2020.

77. Патент на изобретение RU 2760193 С1, 22.11.2021. Способ выращивания ярового рапса с использованием органоминерального комплекса / Т.В. Зубкова, Д.В. Виноградов, С.М. Мотылёва, О.А. Дубровина. Заявка № 2021105257 от 01.03.2021.

78. Патент на изобретение RU 2760218 С1, 22.11.2021. Способ влияния органоминеральных удобрений на содержание меди и цинка в растениях ярового рапса / Т.В. Зубкова, Д.В. Виноградов, О.А. Дубровина, М.И. Голубенко Заявка № 2021117783 от 16.06.2021.

79. Патент на изобретение RU 2760153 С1, 22.11.2021. Способ стимулирования некорневой подкормки в технологии выращивания ярового рапса в условиях Центрального Черноземья / Т.В. Зубкова, Д.В. Виноградов, В.Л. Захаров, М.И. Голубенко. Заявка № 2021117807 от 16.06.2021.

80. Патент на изобретение RU 2769728 С1, 05.04.2022. Способ повышения плодородия почвы и продуктивности рапса ярового / Т.В. Зубкова, Д.В. Виноградов, М.И. Голубенко. Заявка № 2021117806 от 16.06.2021.

81. Патент на изобретение RU 2773874 C1, 14.06.2022. Способ обогащения почвы природным цеолитом при возделывании ярового рапса в Центральном Черноземье с получением высокого содержания ненасыщенных жирных кислот в рапсовом масле / Т.В. Зубкова, Д.В. Виноградов, М.И. Голубенко. Заявка № 2021117780 от 16.06.2021.

82. Патент на полезную модель RU 208372, 15.12.2021. Устройство для стимулирования семян к прорастанию / Д.В. Виноградов, Е.И. Лупова, В.А. Грязин, Т.В. Зубкова [и др.]. Заявка № 2021123277 от 02.08.2021.

83. Патент на изобретение RU 2774079 C1, 15.06.2022. Способ повышения урожайности рапса ярового / Е.И. Лупова, Д.В. Виноградов, А.А. Соколов, Т.В. Зубкова [и др.]. Заявка № 2021123288 от 02.08.2021.

84. Патент на изобретение RU 2785454 C1, 08.12.2022. Способ применения фунгицидных препаратов в повышении выживаемости озимого рапса на темно-серых лесных почвах Центрального Нечерноземья / Д.В. Виноградов, К.Д. Сазонкин, М.И. Голубенко, Т.В. Зубкова [и др.]. Заявка № 2021123290 от 02.08.2021.

85. Патент на изобретение RU 2789878 C1, 14.02.2023. Способ некорневой подкормки при выращивании сои и рапса / Т.В. Зубкова, Д.В. Виноградов, Р.В. Щучка, О.А. Дубровина [и др.]. Заявка № 2022112734 от 06.05.2022.

86. Патент на изобретение RU 2792818 C1, 24.03.2023. Способ применения удобрения на основе дефеката сахарного производства при выращивании ярового рапса с использованием минеральных удобрений / Т.В. Зубкова, Д.В. Виноградов, М.И. Голубенко. Заявка № 2022115327 от 06.06.2022.

87. Патент на изобретение RU 2807485 C1, 15.11.2023. Способ возделывания рапса в условиях Нечерноземной зоны России / К.Д. Сазонкин, Д.В. Виноградов, Т.В. Зубкова, В.В. Копытовский [и др.]. Заявка № 2023107096 от 23.03.2023.

88. Патент на изобретение RU 2812674 C1, 31.01.2024. Способ повышения плодородия почв и продуктивности ярового рапса при использовании отходов сахарного производства в комплексе с минеральными удобрениями / Т.В. Зубкова, Н.М. Троц, Д.В. Виноградов, М.Д. Бутов [и др.]. Заявка № 2023122072 от 24.08.2023.

Лицензия на издательскую деятельность
ИД № 06146. Дата выдачи 26.10.01.
Формат 60 x 84 /16. Гарнитура Times. Печать трафаретная
Усл. печ. л. 2,0
Тираж 100 экз. Заказ 4
Подписано в печать 15.03.2024 г.
Отпечатано с готового оригинал-макета на участке оперативной полиграфии
Елецкого государственного университета им. И.А.Бунина

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина»
399770, г. Елец, ул. Коммунаров, 28,1