

На правах рукописи

**Казанов Виталий Викторович**

**ПОЧВЕННО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ  
МАСЛИЧНЫХ КАПУСТНЫХ КУЛЬТУР В УСЛОВИЯХ КАНСКОЙ  
ЛЕСОСТЕПИ**

Специальность 1.5.15. Экология

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата сельскохозяйственных наук

Красноярск – 2024

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Красноярский государственный аграрный университет»

Научный руководитель: доктор биологических наук, профессор  
**Кураченко Наталья Леонидовна**

Официальные оппоненты: **Прахова Татьяна Яковлевна**,  
доктор сельскохозяйственных наук, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр лубяных культур», главный научный сотрудник лаборатории интродукции редких масличных культур обособленного подразделения Пензенский НИИСХ

**Виноградов Дмитрий Валериевич**,  
доктор биологических наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», заведующий кафедрой агрономии и защиты растений

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Государственный аграрный университет Северного Зауралья»

Защита состоится «12» декабря 2024 г. в 12<sup>30</sup> на заседании диссертационного совета 99.0.134.02 на базе Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук» и Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Красноярский государственный аграрный университет» по адресу: 660036, г. Красноярск, ул. Академгородок, 50, тел.: +7(391)243-45-12, e-mail: ds99013402@ksc.krasn.ru.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеках ФИЦ КНЦ СО РАН, ФГБОУ ВО Красноярский ГАУ и на сайтах: <https://ksc.krasn.ru/>, <http://www.kgau.ru>.

Автореферат разослан «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 г.

Учёный секретарь  
диссертационного совета

Ульянова  
Ольга Алексеевна

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы исследования.** Масличные культуры в настоящее время имеют большое продовольственное, кормовое, техническое, агротехническое и экологическое значение. Расширение посевных площадей масличных капустных культур, способных хорошо переносить низкие температуры в начале вегетации в условиях резкоконтинентального климата имеет широкие перспективы в Красноярском крае, прежде всего для производства растительного масла и высокопитательных кормов (Кашеваров, 2014; Олейникова, 2019; Бопп, 2019). Масличным культурами отводится также особая фитосанитарная и средообразующая роль, так как эти культуры за счет мощной корневой системы улучшают структуру почвы, уменьшают засоренность полей и являются хорошими предшественниками для зерновых культур. Возделывание высокопродуктивных капустных масличных культур с применением научно-обоснованной технологии позволит увеличить поступление в почву растительных остатков как в течение вегетации за счет частичного отмирания надземных органов растений, так и после уборки семян за счет пожнивных остатков и мощных корневых систем растений. Таким образом, изучение почвенно-экологических аспектов возделывания масличных капустных культур в условиях Канской лесостепи является актуальным исследованием.

**Степень разработанности темы.** Производство высококачественных маслосемян в условиях Красноярского края – задача сложная, решение которой зависит не только от правильно подобранных сортов и агротехнологий, но и от погодных и почвенных условий. Исследования, выполненные в условиях региона, в значительной части посвящены вопросам технологии возделывания масличных культур (Кураченко и др., 2015; Кураченко и др., 2019; Бопп и др., 2019; Kurachenko et al., 2019; Бопп и др., 2020; Бопп и др., 2021). При этом в ряде работ (Прахова, 2009; Волошин, Аветисян, 2017) показано, что яровой рапс и рыжик посевной предъявляют различные требования к условиям увлажнения почв, их физическому состоянию и обеспеченности элементами питания. Отсутствие объективных данных позволяющих оценить влияние научно-обоснованных технологий возделывания капустных масличных культур, замещающих функции природных экосистем на плодородие почв земледельческой зоны Красноярского края является нерешенной научной задачей, что и определило необходимость проведения исследований.

**Цель исследований** - изучить почвенно-экологические аспекты возделывания масличных капустных культур в условиях Канской лесостепи.

### **Задачи исследований:**

1. Дать морфогенетическую характеристику агрочерноземам Канской лесостепи.
2. Выявить особенности пространственного варьирования агрофизических и агрохимических свойств агрочерноземов и их пригодность для возделывания капустных масличных культур.
3. Оценить температурный, водный и пищевой режим агрочерноземов при возделывании масличных капустных культур.
4. Охарактеризовать структуру и запасы растительного вещества в посевах ярового рапса и рыжика посевного.
5. Провести эколого-почвенную оценку технологий возделывания масличных культур в системе почва-растение.
6. Определить влияние абиотических факторов на продуктивность ярового рапса при применении средств интенсификации.

**Научная новизна.** Получены новые материалы по водному и пищевому режиму агрочерноземов Канской лесостепи при возделывании масличных капустных культур на маслосемена. Установлены закономерности формирования надземных и подземных запасов растительного вещества. Определен химический состав фитомассы и корней масличных культур, а также поступление в почву элементов питания с корневыми и пожнивными остатками. Показано, что применение некорневого питания и регуляторов роста при возделывании ярового рапса является эффективным приёмом сохранения плодородия почв и увеличения урожайности маслосемян.

**Теоретическая значимость работы.** Полученные результаты расширяют представление о возможности управления процессами самовосстановления плодородия почв за счет сельскохозяйственных культур в севообороте. Количественные изменения свойств и режимов почв при возделывании в севооборотах масличных культур необходимы для оценки темпов воспроизводства плодородия агрочерноземов и их агроэкологической роли в севообороте. Они являются научной основой для разработки принципов создания искусственных экосистем и управления их устойчивым функционированием.

**Практическая значимость работы.** Материалы диссертации служат основой рационального землепользования и позволяют определить агромелиоративное и агроэкологическое воздействие масличных капустных культур на почву. Результаты диссертационного исследования прошли производственную проверку и внедрены в ООО «ОПХ Солянокое», они используются в учебном процессе при изучении дисциплин «Агрочвоведение», «Агрохимия» (для направлений 35.03.03 «Агрохимия и агропочвоведение», 35.03.04 «Агрономия») и «Управление плодородием почв», «Устойчивость почв» (для направления 35.04.03 «Агрохимия и агропочвоведение»).

**Методология и методы исследований.** Методология базировалась на поиске отечественных и зарубежных литературных источников по теме исследований. Исследования проведены в соответствии с классическими методами в почвоведении и агроэкологии. Результаты аналитических исследований получены с использованием ГОСТов и общепринятых методик. Полученные данные не противоречат известным положениям агрономических и биологических наук и базируются на доказанных выводах многолетних исследований. Статистическая обработка полученных экспериментальных данных проведена методом описательной статистики и дисперсионного анализа по Е.А. Дмитриеву (1995) и Б.А. Доспехову (2014) на персональном компьютере в специализированной программе Microsoft Excel и показали высокую степень достоверности.

#### **Защищаемые положения:**

1. Функционирование агроценозов ярового рапса и рыжика посевного сопровождается преимущественным расходом влаги за счет летних осадков из 0-50 см слоя агрочернозема и интенсивным потреблением минерального азота.

2. При схожем характере поступления элементов питания в надземную фитомассу и корни масличных культур наибольший возврат приходится на N и K с максимальными количественными оценками в агроценозе ярового рапса, что обусловлено различиями в интенсивности продукционного процесса.

3. Формирование продукционного потенциала ярового рапса при применении средств интенсификации в технологии возделывания культуры детерминируется температурой почвы и содержанием минерального азота.

**Апробация работы.** Материалы диссертации опубликованы в 17 научных работах, в том числе в изданиях «Перечня...» ВАК РФ – 2, в периодических научных

изданиях Scopus – 2. Результаты исследований представлялись и обсуждались на конференциях: XII, XIII Международной научно-практической конференции молодых ученых «Инновационные тенденции развития Российской науки» (Красноярск, 2019, 2020); Национальной научной конференции «Научно-практические аспекты развития АПК» (Красноярск, 2020, 2021); XII Национальной научно-практической конференции с международным участием «Экологические чтения-2021» (Омск, 2021); IV Всероссийской конференции молодых ученых АПК «Актуальные вопросы развития отраслей сельского хозяйства: теория и практика» (Ростовская область, 2022); Международной научно-практической конференции «Наука и образование: опыт, проблемы, перспективы развития» (Красноярск, 2023). Ежегодно результаты исследований заслушивались и обсуждались на заседаниях кафедры почвоведения и агрохимии ФГБОУ ВО Красноярский ГАУ (2018-2022 гг.).

**Структура диссертационной работы.** Диссертация изложена на 161 странице, включая 30 таблиц, 18 рисунков, 13 приложений. Состоит из введения, 7 глав, выводов, списка литературы, который представлен 249 источниками, в том числе 28 на иностранном языке.

**Личный вклад автора.** Автор принимал непосредственное участие в проведении экспериментальных работ, выполнении аналитических определений, статистической обработке материалов, публикации научных исследований. Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, Правительства Красноярского края, Красноярского краевого фонда науки и общества с ограниченной ответственностью ООО «ОПХ Соляное» в рамках научного проекта «Исследование механизмов формирования пула легкоминерализуемого органического вещества в агрогеннопреобразованных почвах Канской лесостепи».

**Благодарности.** Автор выражает благодарность научному руководителю доктору биологических наук, профессору Н.Л. Кураченко за ценные советы и консультации, директору ООО «ОПХ Соляное» Я.Я. Энгелю за помощь в организации проведения полевых опытов и сотрудникам кафедры почвоведения и агрохимии за поддержку на всех этапах выполнения работы.

## **Глава 1 Почвенно-экологические условия продуктивности сельскохозяйственных культур**

В главе приводится обзор литературы по вопросам производства и потребления масличных капустных культур. Отражены вопросы их пищевой, кормовой и агрономической ценности, средообразующей и фитосанитарной роли в севообороте. Представлены данные исследований о влиянии масличных капустных культур на свойства и режимы почв.

## **Глава 2 Экологические условия почвообразования Канской лесостепи**

В главе дана характеристика природных условий и показаны особенности почвообразования на территории Канской лесостепи. Приведена краткая характеристика агрочерноземов Канской лесостепи.

## **Глава 3 Объекты, методы и условия проведения исследований**

### **3.1 Объекты и методика проведения полевых исследований**

Исследования проведены в 2019-2021 гг. на территории землепользования ООО «ОПХ Соляное» Канско-Рыбинского геоморфологического округа. Объектами

исследования явились агрочерноземы и масличные капустные культуры – яровой рапс (*Brassica napus oleifera annual, Metz d*) гибрида Контра КЛ и рыжик посевной сорта Ужурский (*Camelina sativa (L.) Crantz*).

**Изучение почвенного покрова опытных полей, и характеристика почв** проведена в разрезах, заложенных на типичных формах рельефа пробных площадей. При закладке разрезов применены стандартные профильный и морфологический методы, предполагающие получение описательных, фотографических и морфологических данных по изучаемым почвам. Для определения классификационной принадлежности почв применена «Классификация и диагностика почв России» (2004). Морфологическое описание почв и отбор почвенных образцов на химические показатели проведен по генетическим горизонтам.

**Особенности пространственного варьирования агрофизических и агрохимических свойств агрочерноземов** изучали перед посевом масличных культур. На пробных площадях № 1 и 2 общей площадью по 5 га для отбора почвенных образцов были выделены учетные делянки размером 5000 м<sup>2</sup>. Отбор почвенных образцов проведен на 10 площадках с шагом 50 м. Глубина отбора образцов 0-20 и 20-40 см. В образцах определяли: влажность, плотность сложения, содержание гумуса, аммонийный, нитратный азот, подвижный фосфор и обменный калий. Температуру почвы учитывали на глубине 0-20 см.

**Водный и пищевой режим агрочерноземов** изучали в посевах ярового рапса и рыжика посевного. В 2019 году культуры возделывали по занятому пару (гороховая смесь), в 2020 году – по чистому пару. В технологии возделывания ярового рапса применялись следующие препараты: Табу, ВСК 6 л/т (д.в. имидаклоприд, 500 г/л) – Миура 0,8 л/га (д.в. хизалофоп-п-этил, 125 г/л) + Хакер, ВРГ 0,12 л/га (д.в. клопиралид, 750 г/кг) + Гуминатрин масличный содержит К-4000 мг/л, Р-300 мг/л, N-6000 мг/л, S – 2500 мг/л, В-700 мг/л и др. (2,2 л/га) – Брейк, МЭ 0,06 л/га (д.в. лямбда-цигалотрин, 100 г/л) + Магниева селитра содержит N-11,1 %, СаО-1%, MgO-15,5 % и др. (3 кг/га) – Борей Нео, СК 0,1 л/га (д.в. альфа-циперметрин, 125 г/л, имидаклоприд, 100 г/л и клотианидин, 50 г/л). При возделывании рыжика: Табу, ВСК 6 л/т (д.в. имидаклоприд, 500 г/л) – Миура 0,8 л/га (д.в. хизалофоп-п-этил, 125 г/л) + Гуминатрин масличный содержит К-4000 мг/л, Р-300 мг/л, N-6000 мг/л, S – 2500 мг/л, В-700 мг/л и др. (2,2 л/га) – Брейк, МЭ 0,06 л/га (д.в. лямбда-цигалотрин 100 г/л) + Магниева селитра содержит N-11,1 %, СаО-1%, MgO-15,5 % и др. (3 кг/га).

Гидротермический режим агрочерноземов исследовали на 4 пробных площадках (100 м<sup>2</sup>), выделенных в пределах каждого поля с интервалом 12-20 дней. Влажность почвы определяли в слое 0-100 см через каждые 10 см буром «BurkleMole». Температурный режим изучали в слоях почвы 0-10 и 10-20 см термометром «Bayer». Для сравнительной оценки температурного режима использовались данные Солянской агрометеорологической станции. Агрохимические показатели определяли в смешанных почвенных образцах, состоящих из 10 индивидуальных проб, отобранных на глубину 0-20 и 20-40 см в период с мая по сентябрь. В образцах определяли: нитратный азот, обменный аммоний, подвижный фосфор, обменный калий. Надземное и подземное растительное вещество учитывали в 4-кратной повторности. Надземное растительное вещество определяли методом укусов, площадь укуса – 0,25 м<sup>2</sup>. Далее его разбирали на фракции: фитомассу культуры, фитомассу сорняков, надземную мортмассу. Подземное растительное вещество учитывали одновременно с надземным в те же сроки и на тех же пробных площадях методом монолитов на глубину 0–20 и 20–40 см. Площадь монолита

– 0,02 м<sup>2</sup>. Монолиты отмывали от почвы в проточной воде на сите с диаметром ячеек 0,25 мм.

*Исследования по оценке влияния средств интенсификации возделывания ярового рапса на свойства и режимы агрочернозема* провели в полевом опыте в 2019 году на яровом рапсе гибрида Контра КЛ. В качестве дополнительных средств к химической защите ярового рапса (гербициды: Хакер + Миура и инсектициды: Брейк + Борей Нео) в фазу бутонизации использовали биологические стимуляторы Регги (1,2 л/га) и Берес 8 (0,2 л/га) и концентрированное комплексное жидкое удобрение Ультрамаг Комби для масличных культур (2 л/га). Схема полевого опыта включала следующие варианты: 1. Контроль (фон): Табу, ВСК 6 л/т (д.в. имидаклоприд, 500 г/л) – Миура 0,8 л/га (д.в. хизалофоп-П-этил, 125 г/л) + Хакер, ВРГ (0,12 л/га) д.в. клопиралид, 750 г/кг – Брейк, МЭ 0,06 л/га (д.в. лямбда-цигалотрин, 100 г/л) – Борей Нео, СК 0,1 л/га (д.в. альфа-циперметрин, 125 г/л, имидаклоприд, 100 г/л и клотианидин, 50 г/л); 2. Ультрамаг Комби содержит N-187,5 г/л, MgO-31,25 г/л, SO<sub>3</sub>-31,25 г/л, Fe-6,25 г/л, Mn-6,25 г/л и др. (2 л/га); 3. Регги 1,2 л/га (д.в. хлормекватхлорид, 750 г/л); 4. Ультрамаг Комби (2 л/га) + Регги (1,2 л/га); 5. Берес 8 содержит гуминовые кислоты 70 г/л, фульвовые кислоты 30 г/л, N-17,3 г/л, K-10,6 г/л и др. (0,2 л/га); 6. Берес 8 (0,2 л/га) + Ультрамаг Комби (2 л/га); 7. Регги (1,2 л/га) + Берес 8 (0,2 л/га); 8. Регги (1,2 л/га) + Берес 8 (0,2 л/га) + Ультрамаг Комби (2л/га).

Общая площадь делянки – 100 м<sup>2</sup>, учетная – 60 м<sup>2</sup>. Размещение делянок систематическое, повторность 4-кратная. Отбор почвенных образцов проводили в июне - сентябре. Повторность образцов 3-кратная. Глубина отбора образцов – 0-20 см и 20-40 см. В почвенных образцах определяли: содержание аммонийного и нитратного азота, подвижного фосфора, обменного калия. На 3 пробных площадках, выделенных в пределах каждой делянки, изучали режим влажности с интервалом 12-20 дней на глубину 0-100 см; температуру почвы в слое 0-10 и 10-20 см и надземное и подземное растительное вещество. Густоту стояния растений перед уборкой и отбор снопов для определения структуры урожая проводили на площади 1 м<sup>2</sup> в 3-кратной повторности. Учет урожая проводили сплошным методом.

### 3.2 Методы аналитических исследований

Основные показатели по характеристике почв получены при помощи общепринятых методов: общая влага термовесовым методом (Вадюнина, Корчагина, 1986); реакция почвенного раствора ионометрическим методом (ГОСТ 26423-85); сумма обменных оснований по методу Каппена (ГОСТ 27821-88); гидролитическая кислотность по методу Каппена (ГОСТ 26212-91); обменные кальций и магний титрованием Трилоном Б по индикатору (ГОСТ 26487-85); общий углерод гумуса по Тюрину (Аринушкина, 1970); валовой азот (ГОСТ 26107-84); нитратный азот (ГОСТ 26488-85); аммонийный азот (ГОСТ 26489-85); подвижный фосфор (ГОСТ 26204-91); обменный калий (ГОСТ 26204-91). Показатели по химическому составу растительного вещества получены при помощи следующих методов: азот (ГОСТ 32044.1-2012); фосфор (ГОСТ ISO 6491-2016); калий (ГОСТ 30504-97). Результаты аналитических определений обработаны методами описательной статистики, корреляционного и дисперсионного анализа при помощи программы Excel (Доспехов, 2014; Дмитриев, 1995).

### 3.3 Погодные условия

Вегетационные сезоны 2019-2020 гг. характеризовались как тёплые и достаточно влажные с гидротермическим коэффициентом 1,4-1,5. Расчет среднесезонных значений ГТК за последние 15 лет по данным метеостанции «Солянская» показывает, что величина этого показателя варьирует от 1,2 до 1,6 за период активной вегетации растений. Полученные результаты позволяют утверждать, что годы исследований были типичными для этой территории.

## Глава 4 Морфогенетическая характеристика агрочерноземов

### 4.1 Морфологические особенности агрочерноземов

Почвенный покров опытных участков представлен агрочерноземами. Генетический профиль разрезов 1, 3 и 4 диагностирован на уровне агрочернозема глинисто-иллювиального типичного. На видовом уровне они характеризуются как мощные и среднемощные. Агрочерноземы глинисто-иллювиальные оподзоленные (р. 2, 5) выделены в понижении увалов и отличаются хорошо заметной кремнеземистой присыпкой. На микроповышении в разрезе 6 диагностирован агрочернозем криогенно-мицелярный маломощный. Таким образом, фоновыми почвами опытных полей являются агрочерноземы глинисто-иллювиальные типичные. Им сопутствуют агрочерноземы глинисто-иллювиальные оподзоленные и криогенно-мицелярные.

### 4.2 Химические и физико-химические свойства почв

Агрочерноземы глинисто-иллювиальные типичные отличаются нейтральной реакцией почвенного раствора, высоким содержанием гумуса, которое в обрабатываемых горизонтах колеблется от 6 до 8 %. Сумма обменных оснований во всех подтипах агрочерноземов очень высокая (64-30 ммоль/100г). Агрочерноземы глинисто-иллювиальные оподзоленные характеризуются существенной мощностью гумусовых горизонтов, достигающей 70-90 см. Содержание гумуса в гор. PU составляет 6-9 %. В профиле агрочернозема глинисто-иллювиального оподзоленного реакция почвенного раствора в горизонтах PU, AU нейтральная (6,8 - 7,0), в нижележащих горизонтах – слабокислая (6,2- 6,1). Агрочерноземы криогенно-мицелярные повышенных участков исследуемой территории являются маломощными среднегумусными с довольно резким уменьшением содержания гумуса с глубиной. Содержание гумуса в горизонте PU почв разреза 6-19 составляет 6 %, снижаясь до 3 % в горизонте AUB. В горизонтах PU и AUB отмечается слабощелочная реакция почвенного раствора, в горизонте Bmc – среднещелочная.

## Глава 5 Особенности пространственного варьирования агрофизических и агрохимических свойств агрочерноземов

Запасы продуктивной влаги в агрочерноземах к посеву масличных культур оцениваются как удовлетворительные, и характеризуются в слое 0-40 см близкими величинами. Перед посевом ярового рапса среднестатистические запасы влаги в почве пробной площади № 1 составляют 28-32 мм и имеют равномерный характер распределения ( $C_v = 8-23 \%$ ). Пробная площадь № 2 перед посевом рыжика характеризуется незначительным снижением запасов продуктивной влаги ( $p = 0,28...0,39$ ), изменяющейся в пространстве от 21 до 39 мм ( $C_v = 21 \%$ ). Агрочерноземы



Канской лесостепи характеризуются рыхлым сложением. Плотность почвы в слое 0-20 см на пробных площадях оценивается в среднем величиной 0,77 г/см<sup>3</sup> при небольшой и незначительной изменчивости в пределах поля ( $C_v = 9-14\%$ ). В слое 20-40 см она возрастает на 0,04-0,05 г/см<sup>3</sup>, сохраняя рыхлость сложения. У агрочерноземов пробной площади № 1 перед посевом ярового рапса температура 0-20 см слоя варьирует от 2 до 4 °С. Пробная площадь № 2 перед посевом рыжика посевного отличается лучшей прогреваемостью до 4 до 6 °С ( $p = 0,00$ ).

Агрочерноземы характеризуются высоким (6-8 %) содержанием гумуса в пахотном и подпахотном слоях почвы. Статистические параметры содержания гумуса на пробных площадях свидетельствуют о слабой степени его пространственного варьирования, которая не превышает 9 %. Агрочерноземы имеют низкую обеспеченность нитратным азотом (5-8 мг/кг) перед посевом масличных культур и преобладанием в пахотных и подпахотных горизонтах аммонийной формы (8-10 мг/кг). Высокая обогащенность почв гумусом и тяжелый гранулометрический состав агрочерноземов определили очень высокую обеспеченность 0-40 см слоя подвижным фосфором (279-307 мг/кг) при незначительной ( $C_v = 12-15\%$ ) и средней его изменчивости в пространстве ( $C_v = 29-31\%$ ). Агрочерноземы характеризуются средней обеспеченностью обменной формой калия (69-77 мг/кг). Величина коэффициента вариации свидетельствует о небольшом и среднем варьировании элемента ( $C_v = 16-29\%$ ).

## Глава 6 Гидротермический и пищевой режим агрочерноземов в посевах масличных культур

Ход сезонной динамики температуры 0-20 см слоя почвы определяется температурой приземных слоев атмосферы ( $r = 0,62...0,93$ ) и влажностью почвы ( $r = 0,67...-0,41$ ). В период посева масличных капустных культур плотность сложения также достоверно определяет пространственную неоднородность температурного поля ( $r = -0,86$ ). От мая к июню температура почвы на глубине 0-20 см постепенно повышается до плюс 16-20 °С (рис. 1). В июльский период поверхность почвы в посевах масличных культур прогревается до плюс 18-21 °С. К августу масличные культуры имеют мощную фитомассу, в этот период агрочерноземы быстро охлаждаются.

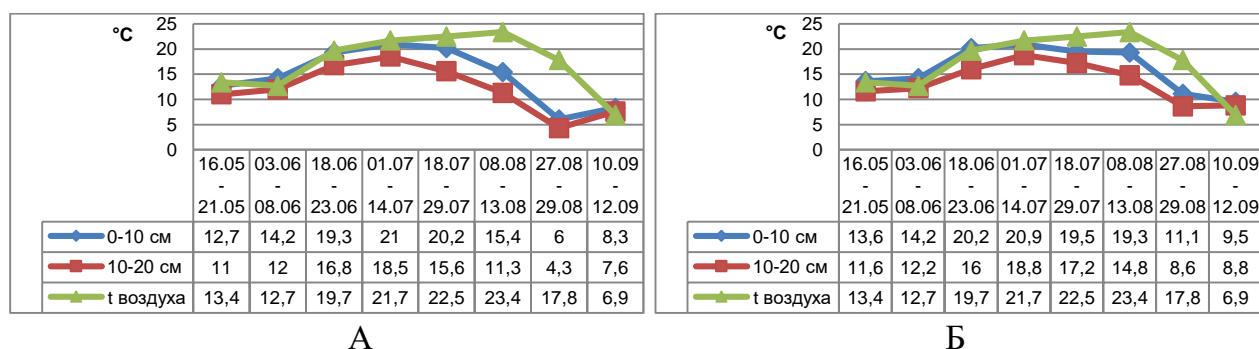


Рисунок 1 – Динамика температуры агрочерноземов в посевах рапса (А) и рыжика посевного (Б) (2019-2020 гг.), °С

В посевах ярового рапса и рыжика посевного отмечается снижение температуры почвы до плюс 4-11 °С и отставание на 6-13 °С от температуры воздуха. В сентябре температура почвы 0-20 см слоя составляла плюс 7-9 °С по полям. Различный ход

температуры 0-20 см слоя агрочерноземов в период май-сентябрь отразился на среднестатистических величинах параметра. Установлено, что слой почвы 0-10 см прогревается на 2-3 °С больше, чем слой 10-20 см. При отсутствии достоверных отличий в температурном режиме почвы в посевах масличных культур ( $p = 0,59...0,54$ ) определено, что 0-20 см слой агрочернозема в агроценозе рыжика посевного в среднем на 2 °С теплее (15 °С), чем в посевах ярового рапса (13 °С).

## 6.2 Водный режим и баланс влаги в агрочерноземе

Профили влажности агрочернозема, отражающие распределение влаги в почве за период май-сентябрь (для одного числа каждого месяца) в вегетационный сезон 2019 года, показали иссушение 0-30 см слоя почвы в период от начала роста стеблей (18 июля) до полного созревания (29 августа) ярового рапса (рис. 2). Влажность почвы в процентах от её объема варьировала от 20 до 24 %. Такие значения составляют 52 % от НВ, что ниже оптимальных значений ВРК (65-70 % от НВ) и свидетельствует о дефиците влаги.

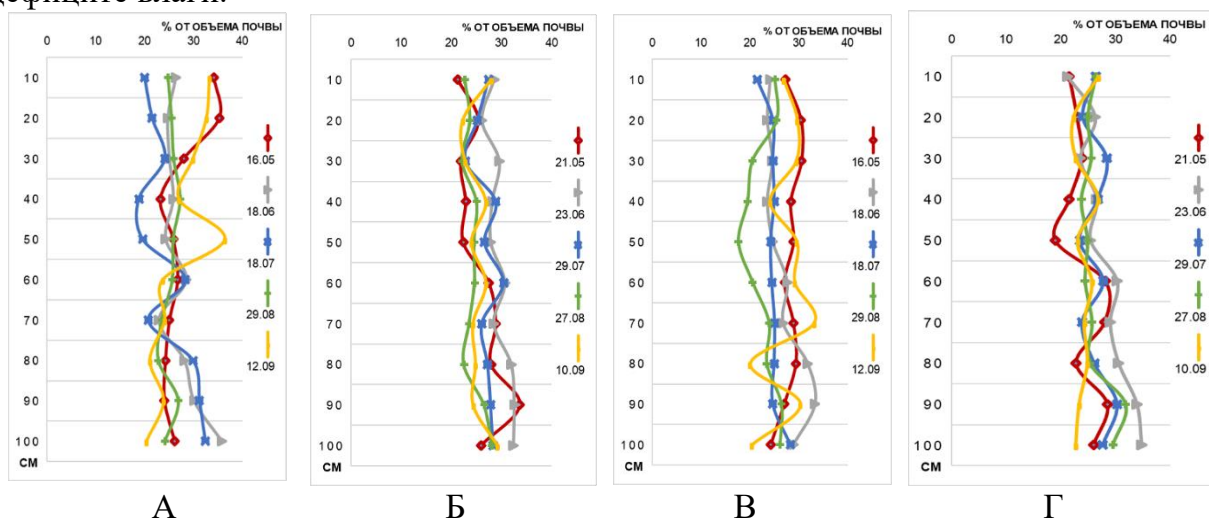


Рисунок 2 - Профили влажности агрочернозема под посевами масличных культур: А – яровой рапс, 2019 г. (по занятому пару); Б – яровой рапс, 2020 г. (по чистому пару); В – рыжик посевной, 2019 г. (по занятому пару) %; Г – рыжик посевной 2020 г. (по чистому пару).

Извлечение влаги из почвы растениями, среди прочих факторов, зависело от запасов подземного растительного вещества. В пик интенсивного прироста надземной фитомассы ярового рапса, приходящегося на июльский период, запасы корней ярового рапса в слое 0-20 см составляют 1,56 т/га, в слое 20-40 см – 0,94 т/га. В вегетационный период 2020 года отмечено пополнение влагой 0-20 см слоя и иссушение 20-40 см слоя почвы в период от начала (29 июля) до полного созревания (10 сентября) культуры. Значительное количество осадков (194 мм), выпавшее в период с третьей декады мая по третью декаду июля, определяют увлажнение 0-10 см слоя почвы. Профили влажности агрочернозема при возделывании рыжика посевного в 2019 году показывают иссушение 0-10 и 10-20 см слоя. Влажность 0-40 см слоя профиля агрочернозема в 2020 году в посевах рыжика изменяется в пределах 20-30 % от объема почвы. Обильные осадки до фазы образования розетки листьев рыжика не способствуют накоплению влаги в 0-20 см слое почвы. Повышенный температурный фон и физическое испарение влаги являются этому причиной.

Водный режим агрочернозема в посевах рапса и рыжика, определяемый почвенными условиями, биологическими особенностями растений и метеорологическими параметрами, в целом удовлетворительный и хороший в метровом слое (91-151 мм). Интенсивное потребление влаги и небольшое количество осадков в период цветения и образования стручков у масличных культур сопровождается плохими запасами влаги (65-82 мм). Запасы продуктивной влаги в 0-20 см слое агрочерноземов в посевах масличных культур в среднем за сезоны оцениваются как удовлетворительные (20-22 мм;  $C_v = 19-53\%$ ). Исключение составляют посевы рыжика в 2020 году, где до фазы образования розетки они оценивались как плохие (13-14 мм).

Влагообеспеченность посевов ярового рапса, оцениваемая по количеству продуктивной влаги в почве ко времени посева в вегетационные периоды 2019-2020 гг. имеет близкие величины и составляет в слое 0-50 см – 299-309 мм по годам, 0-100 см – 359-367 мм (табл. 1).

Таблица 1 – Баланс влаги в агрочерноземе в посевах рапса

Мощность слоя, см	Запасы продуктивной влаги в почве, мм		Сумма осадков за период вегетации, мм	Суммарный приход влаги, мм	Эвапотранспирационный расход влаги, мм		
	в начале вегетации	в конце вегетации			за счет запасов в почве	за счет летних осадков	всего
<i>2019 г.</i>							
0-50	72,3	54,7	237	309,3	30,6	224,0	254,6
50-100	50,0	47,5		50,0	2,5	0	2,5
0-100	122,3	102,2		359,3	33,1	224,0	257,1
<i>2020 г.</i>							
0-50	39,6	43,9	260	299,6	17,7	238,0	255,7
50-100	67,3	48,9		67,3	18,4	0	18,4
0-100	106,9	92,8		366,9	36,1	238,0	274,1

Наибольшее потребление воды культурой происходит из верхнего 0-50 см слоя почвы преимущественно за счет летних осадков (88-92 % по годам), и имеет близкие значения по годам. В посевах рыжика влагообеспеченность агрочернозема составляет в слое 0-50 см 288-294 мм, 0-100 см – 338-363 мм (табл. 2). Наибольшее потребление культурой происходит также из верхнего 0-50 см слоя почвы, за счет летних осадков (90-95 %). Эвапотранспирационный расход влаги рыжиком находится на уровне 253-260 мм.

Таблица 2 – Баланс влаги в агрочерноземе в посевах рыжика посевного

Мощность слоя, см	Запасы продуктивной влаги в почве, мм		Сумма осадков за период вегетации, мм	Суммарный приход влаги, мм	Эвапотранспирационный расход влаги, мм		
	в начале вегетации	в конце вегетации			за счет запасов в почве	за счет летних осадков	всего
<i>2019 г.</i>							
0-50	51,5	40,3	237	288,5	24,2	224,0	248,2
50-100	49,6	44,6		49,6	5,0	0	5,0
0-100	101,1	84,9		338,1	29,2	224,0	253,2
<i>2020 г.</i>							
0-50	34,2	43,4	260	294,2	12,8	238,0	250,8
50-100	56,8	60,2		69,4	9,2	0	9,2
0-100	91,0	103,6		363,6	22	238,0	260,0

Таким образом, агрочерноземы Канской лесостепи в посевах масличных культур, характеризуются удовлетворительными запасами продуктивной влаги в метровом слое в течение вегетационных сезонов. Распределение влаги в профиле почвы свидетельствует об иссушающем действии рапса и рыжика в пахотном и подпахотном слое.

### 6.3 Запасы растительного вещества

Исследованиями, проведенными в агроценозах рапса и рыжика, установлен схожий характер динамики надземного растительного вещества по годам. Максимальный общий запас надземного растительного вещества в агроценозах масличных культур отмечен в августе. В посевах рапса по годам исследований он составляет 5,5–8,2 т/га. В агроценозе рыжика 2,9 – 5,8 т/га соответственно. Фитомасса сорняков в агроценозе рапса и рыжика оценивается величиной 0,1-0,7 т/га соответственно. Запасы надземной мортмассы перед посевом масличных культур по занятому пару составляют 0,34-0,55 т/га. Этот запас пожнивных остатков постепенно переходит в подземный блок после предпосевной обработки почвы и посева культур. В течение сезона запасы оцениваются на уровне 0,1-0,2 т/га в агроценозе рапса и 0,2-0,3 т/га – рыжика. Далее в течение вегетации надземные части растений желтеют, отмирают, опадают на почву, формируя новый запас надземной мортмассы, который к сентябрю увеличивается до 4,2 т/га в посевах ярового рапса, и до 2,5 т/га в посевах рыжика посевного. В вегетационный сезон 2020 года в мае запасы составляют 0,1 т/га по полям, в течение сезона – 0,3-0,4 т/га по полям. После уборки масличных культур в агроценозе ярового рапса они оцениваются величиной 5,5 т/га, рыжика посевного – 2,4 т/га. Таким образом, фитомасса культур занимает значительную долю в структуре надземного растительного вещества агроценозах.

В составе подземного растительного вещества преобладает крупная мортмасса. Так, перед посевом ярового рапса в среднем по годам запас мортмассы составляет 6 т/га, в течение вегетации запасы снижаются в среднем до 5,6 т/га. После уборки ярового рапса – 0,5 т/га. Перед посевом рыжика в среднем по годам запасы мортмассы составляют 8,8 т/га. В течение вегетации они варьируют от 5 т/га до 9 т/га. После уборки снижаются до 0,3 т/га. Исследованиями установлено, что в среднем за вегетационные сезоны 2019-2020 гг. в агроценозе ярового рапса максимальные запасы мелкой мортмассы представлены в майский период – 6 т/га. В течение вегетации запасы имеют тенденцию к постепенному снижению, что связано с разложением и участием в минерализации и гумификации. К концу вегетации ярового рапса запасы мелкой мортмассы составляют в среднем по годам – 0,2 т/га. Перед посевом рыжика посевного в среднем по годам они оцениваются величиной 4,5 т/га, к концу вегетации – 0,3 т/га. Запасы корней в начале вегетации ярового рапса оцениваются величиной 0,1-0,4 т/га, в посевах рыжика посевного – 0,1 т/га. По мере роста и развития масличных культур запасы корней увеличиваются и становятся максимальными к концу вегетации ярового рапса и рыжика посевного (2 т/га).

Таким образом, яровой рапс характеризуется наибольшими запасами надземного растительного вещества, чем агроценоз рыжика посевного. Так, в среднем за 2 вегетационных сезона в посевах рапса запасы составили 7 т/га (17 %), в посевах рыжика посевного – 4 т/га (15 %). Агроценоз ярового рапса характеризуется наименьшим количеством сорных растений (6 %), по сравнению с рыжиком посевным (10 %). В агроценозе ярового рапса на долю крупной мортмассы приходится 24 %, в агроценозе рыжика посевного – 43 %. Доля мелкой мортмассы в агроценозах ярового рапса

составляет 39 %, что имеет огромное значение для формирования гумусового профиля почв и благоприятных условий корнеобитаемого пространства. В агроценозе рыжика посевного доля мелкой мортмассы составляет – 28 %.

#### 6.4 Пищевой режим агрочернозема

Оценка среднестатистического содержания минерального азота и характера его динамики показывает преимущественное потребление нитратного азота масличными культурами (табл. 3). Результаты показывают среднюю обеспеченность аммонийным азотом в слое 0-40 см агрочернозема в посевах ярового рапса, возделываемых по занятому пару (9-10 мг/кг) при высокой сезонной динамике показателя ( $C_v = 41-50$  %).

Таблица 3 – Среднестатистические параметры содержания минерального азота в агрочерноземе в посевах ярового рапса, мг/кг

Слой, см (фактор А)	Год (фактор В)				Среднее А
	2019 г.		2020 г.		
	<i>X<sub>ср</sub></i>	<i>C<sub>v</sub>, %</i>	<i>X<sub>ср</sub></i>	<i>C<sub>v</sub>, %</i>	
N-NH <sub>4</sub>					
0-20	9,3	50	13,4	113	11,4
20-40	9,7	41	9,9	94	9,8
Среднее В	9,5	45	11,7	103	10,6
<i>p A = 0,0003*</i> ; <i>p B = 0,0001*</i> ; <i>p AB = 0,0001*</i>					
N-NO <sub>3</sub>					
0-20	5,6	27	10,9	64	8,3
20-40	5,2	29	11,3	67	8,3
Среднее В	5,4	29	11,1	65	8,3
<i>p A = 0,9581</i> ; <i>p B = 0,0001*</i> ; <i>p AB = 0,0961</i>					

В избыточно влажном сезоне 2020 года среднестатистические данные свидетельствуют о повышенной обеспеченности аммонийным азотом 0-20 см слоя (13 мг/кг) при очень высокой сезонной вариабельности показателя ( $C_v = 113$  %). Низкая обеспеченность нитратным азотом под посевами рапса в 2019 г. сменяется на среднюю в 2020 г. ( $p = 0,0001$ ). Избыточное увлажнение вегетационного сезона 2020 г. определило преимущественную аккумуляцию нитратного азота в подпахотном слое. В посевах рыжика по занятому пару в течение вегетационного сезона 2019 года в среднем формировалась низкая обеспеченность аммонийным и нитратным азотом, не превышающая 7 мг/кг (табл. 4).

Таблица 4 – Среднестатистические параметры содержания минерального азота в агрочерноземе в посевах рыжика посевного, мг/кг

Слой, см (фактор А)	Год (фактор В)				Среднее А
	2019 г. (n = 5)		2020 г. (n = 5)		
	<i>X<sub>ср</sub></i>	<i>C<sub>v</sub>, %</i>	<i>X<sub>ср</sub></i>	<i>C<sub>v</sub>, %</i>	
N-NH <sub>4</sub>					
0-20	9,4	32	7,2	78	8,3
20-40	10,2	27	5,4	50	7,8
Среднее В	9,8	29	6,3	64	8,0
<i>p A = 0,0255*</i> ; <i>p B = 0,0001*</i> ; <i>p AB = 0,0010*</i>					
N-NO <sub>3</sub>					
0-20	4,9	20	6,1	29	5,5
20-40	4,5	4	5,7	32	5,1
Среднее В	4,7	12	5,9	30	5,3
<i>p A = 0,0006*</i> ; <i>p B = 0,1111</i> ; <i>p AB = 0,0116*</i>					

Достоверные изменения в содержании минеральных форм азота отмечены по годам исследований, а также в пахотном и подпахотном слоях ( $p < 0,05$ ). Исключение составляет нитратный азот, достоверно не отличающийся по его содержанию в слоях 0-20 и 20-40 см в посевах рапса и по годам в посевах рыжика. Анализ среднестатистического содержания подвижного фосфора и обменного калия в агрочерноземе при возделывании масличных культур на маслосемена показал достоверное накопление элементов питания в 0-20 см слое и существенные отличия по годам исследований (табл. 5, 6). Повышенная обеспеченность почвы подвижным фосфором под посевами рапса и рыжика свидетельствует о способности этих культур восполнять и сохранять запасы подвижного фосфора.

Таблица 5 – Среднестатистические параметры содержания подвижного фосфора и обменного калия в агрочерноземе в посевах ярового рапса, мг/кг

Слой, см (фактор А)	Год (фактор В)				Среднее А
	2019 г.		2020 г.		
	<i>X<sub>ср</sub></i>	<i>C<sub>v</sub>, %</i>	<i>X<sub>ср</sub></i>	<i>C<sub>v</sub>, %</i>	
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>					
0-20	247,1	32	213,0	30	230,1
20-40	225,6	32	192,6	36	209,1
Среднее В	236,4	32	202,8	13	219,6
<i>p A = 0,0023*</i> ; <i>p B = 0,0009*</i> ; <i>p AB = 0,9643</i>					
<b>K<sub>2</sub>O</b>					
0-20	83,9	19	148,1	14	116,0
20-40	79,2	23	133,2	10	106,2
Среднее В	81,6	21	140,7	12	111,1
<i>p A = 0,0013*</i> ; <i>p B = 0,0001*</i> ; <i>p AB = 0,0356*</i>					

Несмотря на интенсивное поглощение обменного калия и его преимущественный вынос из почвы с урожаем масличных культур, сохраняется средняя обеспеченность этим элементом питания в вегетационный сезон 2019 г. (79-88 мг/кг). В условиях 2020 г. среднестатистическое содержание обменного калия под рапсом оценивается как высокое (133-148 мг/кг), под рыжиком – как очень высокое (151-165 мг/кг).

Таблица 6 – Среднестатистические параметры содержания подвижного фосфора и обменного калия в агрочерноземе в посевах рыжика посевного, мг/кг

Слой, см (фактор А)	Год (фактор В)				Среднее А
	2019 г.		2020 г.		
	<i>X<sub>ср</sub></i>	<i>C<sub>v</sub>, %</i>	<i>X<sub>ср</sub></i>	<i>C<sub>v</sub>, %</i>	
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>					
0-20	213,7	24	234,5	10	224,1
20-40	235,7	30	236,8	8	236,8
Среднее В	224,7	27	235,7	9	230,4
<i>p A = 0,0024*</i> ; <i>p B = 0,00439*</i> ; <i>p AB = 0,0076*</i>					
<b>K<sub>2</sub>O</b>					
0-20	88,4	15	165,4	4	126,6
20-40	84,9	27	151,0	12	118,0
Среднее В	86,7	21	158,2	8	122,3
<i>p A = 0,0033*</i> ; <i>p B = 0,0001*</i> ; <i>p AB = 0,0377*</i>					

Поступление в почву элементов питания с учетом запасов пожнивных и корневых остатков масличных культур и их химического состава показало, что с пожнивными остатками рапса в почву возвращается 223 кг/га азота, фосфора и калия, с корневыми – 30 кг/га (табл. 7). Суммарное поступление элементов питания в почву после уборки ярового рапса составляет 265 кг/га. Наибольшая доля возврата приходится на N и K (47-42 %). Поступление азота, фосфора и калия с растительными остатками рыжика посевного оценивается величиной 140 кг/га, что в два раза меньше по сравнению с рапсом. С корневыми и пожнивными остатками рыжика в почву возвращается 70 кг/га азота и 51 кг/га калия. Количество фосфора в среднем за период наблюдений не превышает 19 кг/га.

Таблица 7 – Поступление в почву элементов питания с пожнивными и корневыми остатками ярового рапса (2019-2020 гг.), кг/га

Химический элемент	Пожнивные остатки	Корни	Всего
<i>рапс</i>			
N	108,0	15,8	123,8
P	25,0	4,4	29,4
K	102,2	9,6	111,8
Суммарное поступление	235,2	29,8	265,0
<i>рыжик</i>			
N	52,4	17,3	69,7
P	13,6	5,1	18,7
K	43,3	7,9	51,2
Суммарное поступление	109,3	30,3	139,6

Полученные результаты по пищевому режиму агрочерноземов в посевах масличных культур позволяют утверждать о преимущественном потреблении культурами нитратного азота, что должно быть компенсировано минеральными удобрениями и подкормками во время вегетации культур.

## Глава 7 Влияние средств интенсификации возделывания масличных культур на свойства и режимы агрочернозема и продуктивность ярового рапса

### 7.1 Гидротермический режим агрочернозема

Наблюдения за температурным режимом агрочернозема при применении средств интенсификации в виде подкормок и ростостимулирующих препаратов позволили выявить тенденцию повышения температуры 0-20 см слоя почвы на 1-2 °С. Удовлетворительная влагообеспеченность почвы на контроле и при возделывании ярового рапса с применением стимуляторов роста и минеральной подкормки отмечается в слоях 0-20 и 0-100 см. Применение регуляторов роста и комплексного жидкого удобрения при возделывании ярового рапса определяет достоверное увеличение запасов продуктивной влаги ( $p = 0,000-0,001$ ). В корнеобитаемом 0-20 см слое почвы в среднем за сезон произошло пополнение запасов на 1-2 мм, в слое 0-100 мм – на 1-7 мм по сравнению с контрольным вариантом.

### 7.2 Запасы растительного вещества в агроценозе ярового рапса

Применение средств интенсификации повлияло на количество фитомассы ярового рапса. Существенное увеличение фитомассы до 2,18-2,26 т/га было отмечено на

вариантах опыта с применением стимулятора Берес 8 совместно с Ультрамаг Комби, стимулятора Регги и при его совмещении с Берес 8 и Ультрамаг Комби. Применение комплексного жидкого удобрения Ультрамаг Комби и совместное его применение со стимулятором Берес 8 способствовало наибольшему приросту корней ярового рапса. На этих вариантах опыта запас корней в среднем за вегетационный сезон достигает 1,21-1,23 т/га. Наименьшие запасы мелкой мортмассы отмечены на контрольном варианте (3,44 т/га). На вариантах с применением средств интенсификации запасы мелкой мортмассы достигают 3,84-4,41 т/га.

### **7.3 Пищевой режим агрочернозема**

Применение регуляторов роста Регги, Берес 8 и некорневой подкормки Ультрамаг Комби на посевах рапса определяет схожий характер сезонной динамики минеральных форм азота и способствует увеличению аммонийного азота в 0-20 см слое почвы на 1-2 мг/кг в среднем по сравнению с контролем ( $p = 0,002$ ). Низкая обеспеченность нитратным азотом почвы сопровождается достоверным повышением его количества на 1-2 мг/кг только в слое 0-20 см на вариантах опыта, где применялись регуляторы роста Берес 8, Регги и их сочетание с подкормкой Ультрамаг Комби (7-8 мг/кг). Содержание подвижного фосфора в агрочерноземе при возделывании гибрида рапса с применением дополнительных средств интенсификации оценивается на высоком уровне обеспеченности в слое 0-20 см и повышенном в подпахотном 20-40 см слое без существенных различий с контрольным вариантом. На фоне применения дополнительных средств интенсификации сохраняется средняя обеспеченность обменным калием 0-40 см толщи агрочернозема (79-88 мг/кг) в течение вегетационного сезона ( $p = 0,060-0,120$ ). Таким образом, применение средств интенсификации в виде регуляторов роста и некорневой подкормки в технологии возделывания ярового рапса существенным образом повлияло на пополнение почвенного раствора 0-20 см слоя агрочернозема минеральным азотом. Это обусловлено влиянием некорневой подкормки удобрением Ультрамаг Комби, содержащим в своем составе минеральный азот и усилением минерализационных процессов в почве на фоне применения регуляторов роста.

### **7.4 Продуктивность ярового рапса**

Анализ структуры урожая ярового рапса показал, что применяемые в полевом опыте регуляторы роста и дополнительная подкормка растений, оказали положительное влияние на её элементы. Отмечено увеличение сохранности растений к уборке на 6-42 % по сравнению с контрольным вариантом. Опрыскивание вегетирующих растений препаратом Берес 8 и его сочетание с подкормкой жидким удобрением и регулятором роста Регги формировало наибольшее число боковых стеблей на растении (9-11 шт.) и привело к увеличению числа стручков до 84 шт. ( $НСР_{05} = 5$ ). Гуминовый препарат Берес 8, совмещенный в баковых смесях с некорневой подкормкой Ультрамаг Комби оказал ростостимулирующий эффект на растения ярового рапса. На этом варианте опыта высота растений достигала 145 см, что на 22 см выше контрольного варианта ( $НСР_{05} = 8$ ). На контроле в условиях комплексной защиты культуры урожайность ярового рапса не превышала 1,0 т/га. Обработка растений по вегетации регуляторами роста и удобрением Ультрамаг Комби способствовала повышению продуктивности гибрида в 1,2-3,0 раза. Максимальная урожайность ярового рапса достигала 3 т/га и отмечена на варианте с применением биологического стимулятора Берес 8 и при его сочетании с регулятором роста растений Регги ( $НСР_{05} = 0,4$ ). Повышение урожайности маслосемян



рапса при применении биологического стимулятора Берес 8 и его сочетание с регулятором роста растений Регги на 66 % ( $R = 0,81$ ) сопряжено с гидротермическим режимом почвы. Множественная корреляционная зависимость выявлена между урожайностью культуры и агрохимическим состоянием почвы ( $R = 0,97$ ). Среди показателей пищевого режима почв сильная связь с урожайностью маслосемян рапса выявлена по содержанию нитратного ( $r = 0,86$ ) и аммонийного азота ( $r = 0,56$ ). Матрица парных коэффициентов корреляции показателей агрочернозема и продуктивности ярового рапса показывает, что урожайность маслосемян этой культуры в условиях технологии её возделывания с применением средств защиты, минеральных подкормок, регуляторов и стимуляторов роста на 48-74 % сопряжена с температурным режимом почвы и содержанием в ней нитратного и аммонийного азота ( $r = 0,69...0,86$ ). Температурный режим агрочернозема в сильной степени влияет на запасы продуктивной влаги ( $r = 0,73$ ), содержание и динамику минерального азота ( $r = 0,74...0,88$ ). Сильная корреляционная связь между формами минерального азота ( $r = 0,73$ ) подтверждает зависимость процессов нитрификации и аммонификации в биогеохимическом цикле азота. В меньшей степени установлено влияние такого абиотического фактора как запасы продуктивной влаги в почве на её пищевой режим и продуктивность культуры. В средней степени они контролируют запасы фитомассы и содержание минерального азота ( $r = 0,40...0,58$ ).

В полученном нами уравнении множественной регрессии доказывається сильное влияние на урожайность маслосемян ярового рапса таких абиотических факторов как температура почвы и содержание в ней нитратного и аммонийного азота:  $Y = -22,6197745 + 0,090304066 t + 2,936270364 N-NO_3 - 0,727577096 N-NH_4$ , при  $R = 0,97$ ;  $R_2 = 0,93$ .

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Агрочерноземы Канской лесостепи обладают высоким уровнем потенциального и средним эффективным плодородия. Они отличаются высоким содержанием гумуса (6-9 %), высокой поглотительной способностью (51-64 ммоль/100г), нейтральной и слабощелочной реакцией среды (6,5-7,3) в обрабатываемом горизонте РU.

2. Температурный режим пахотных горизонтов в агроценозах масличных капустных культур обуславливается температурой приземного слоя атмосферы и особенностями культуры. Температура 0-20 см слоя почвы в течение вегетации рыжика посевного, имеющего меньшую надземную фитомассу в среднем на 2°C выше (16 °C), чем в посевах ярового рапса (14 °C).

3. Почвы, функционирующие в посевах масличных культур, характеризуются удовлетворительными запасами продуктивной влаги в метровом слое. В посевах ярового рапса они изменяются от 149 до 94 мм, в посевах рыжика посевного – от 151 до 68 мм.

4. Максимальное потребление воды масличными культурами происходит из верхнего 0-50 см слоя почвы, преимущественно за счет летних осадков (88-95 %). Эвапотранспирационный расход влаги рапсом из метрового слоя агрочернозема оценивается на уровне 257-274 мм, рыжиком – 253-260 мм. Низкий расход продуктивной влаги (3-9 мм) со второго полуметра агрочернозема рыжиком обусловлен биологическими особенностями культуры, имеющей менее развитую корневую систему, чем рапс.

5. В структуре надземного растительного вещества преобладают запасы фитомассы масличных культур. Их доля к августовскому сроку составляет в агроценозе рапса 77 %, в агроценозе рыжика – 75 %. На долю надземной мортмассы приходится 17-15 % соответственно. В структуре подземного растительного вещества агроценоза ярового рапса преобладает мелкая мортмасса (39 %). Доля крупной мортмассы составляет 24 %, корней – 38 %. В агроценозе рыжика посевного на долю крупной и мелкой мортмассы приходится 43-28 %, корней – 29 %.

6. Максимальный запас надземного растительного вещества в агроценозе рапса оценивается величиной 6-8 т/га, рыжика – 3-6 т/га. Запас надземной мортмассы после уборки рапса составляет 4-6 т/га, рыжика – 2-3 т/га. Запасы корней в 0-40 см слое почвы оцениваются величиной от 2 до 1,5 т/га соответственно.

7. Пищевой режим агрочерноземов определяется особенностями масличных культур, предшественником и погодными условиями. Преимущественное потребление нитратного азота обуславливает низкую обеспеченность им 0-40 см слоя почвы в посевах рыжика и рапса по занятому пару (5-6 мг/кг). В посевах рапса, возделываемых по чистому пару, обеспеченность средняя (11 мг/кг). Повышенная обеспеченность агрочерноземов подвижным фосфором (203-236 мг/кг) проявляется стабильно по годам. Содержание обменного калия, изменяющееся от среднего до очень высокого уровня обеспеченности, на 96-97 % зависит от предшественника и погодных условий.

8. С пожнивными остатками рапса в почву возвращается 223 кг/га азота, фосфора и калия, с корневыми – 30 кг/га. Наибольшая доля возврата приходится на N и K (47-42 %). Поступление азота, фосфора и калия с растительными остатками рыжика посевного оценивается величиной 140 кг/га, что в два раза меньше по сравнению с рапсом. С корневыми и пожнивными остатками рыжика в почву возвращается 70 кг/га азота и 51 кг/га калия. Количество фосфора в среднем за период наблюдений не превышает 19 кг/га.

9. Применение в технологии возделывания ярового рапса некорневой подкормки и регуляторов роста способствует повышению температуры 0-20 см слоя почвы на 1-2°C, более экономному расходованию запасов продуктивной влаги в метровом слое, увеличению запасов фитомассы культуры, надземной мортмассы и корней, увеличению содержания минеральных форм азота на 1-2 мг/кг и повышению урожайности маслосемян культуры в 1,2-3,0 раза по сравнению с контролем. Доказано существенное влияние на урожайность маслосемян ярового рапса таких абиотических факторов как температура почвы и содержание в ней нитратного и аммонийного азота ( $r = 0,69-0,86$ ).

Список основных работ, опубликованных по теме диссертации.

*Публикации в журналах, рекомендованных ВАК:*

1. Кураченко, Н.Л. Динамика содержания элементов питания в агрочерноземе при возделывании рыжика посевного / Н. Л. Кураченко, О. А. Ульянова, О. А. Власенко, **В.В. Казанов**, Е.Ю. Казанова // Агрехимия. – 2023. – № 10. – С. 20-25.
2. **Казанов, В.В.** Водный режим агрочернозема в посевах рыжика посевного / В.В. Казанов, Н.Л. Кураченко // Вестник КрасГАУ. – 2024. – № 3. – С. 83-89.

*Работы, опубликованные в других изданиях:*

3. Кураченко, Н.Л. Температурный режим агрочерноземов при возделывании масличных культур в Канской лесостепи / Н. Л. Кураченко, О. А. Власенко, О. А. Ульянова, Е.Ю. Казанова, **В.В. Казанов**, Л.Ф. Казюлин // Вестник КрасГАУ. – 2019. – № 12. – С. 3-8.

4. Власенко, О.А. Структура и динамика запасов растительного вещества в агроценозе рыжика посевного / О. А. Власенко, Н. Л. Кураченко, О. А. Ульянова, Е.Ю. Казанова, **В.В. Казанов**, Ф. Халилзода // Вестник КрасГАУ. – 2019. – № 11. – С. 24-29.
5. Кураченко, Н.Л. Оценка соответствия почвенно-агрохимических условий Канской лесостепи биологическим потребностям растений рапса и рыжика / Н.Л. Кураченко, Достижения науки и техники АПК. -Москва, 2019. - №11. – С.5-9.
6. Ulyanova, O.A. The Structure of Humus Substances in the Agriculture Genetically Modified Soils of the Kansk Forest-Stepp / O.A Ulyanova, N.L. Kurachenko, O.A. Vlasenko, **V.V. Kazanov** // International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE). –2019. – № 8. – P.9613-9616.
7. Ulyanova O.A. Nutrient regime of agrochenezems in oilseeds cultivation in the Kansk forest-steppe / O.A Ulyanova, N.L. Kurachenko, O.A. Vlasenko, **V.V. Kazanov** // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science, 2020. - P. 1-6.
8. Кураченко, Н.Л. Влагообеспеченность посевов ярового рапса на агрочерноземах Канской лесостепи / Н. Л. Кураченко, О. А. Ульянова, О. А. Власенко, **В.В. Казанов**, Е.Ю. Казанова // Вестник аграрной науки. – 2020. – № 5. – С. 39-44.
9. **Казанов, В.В.** Динамика запасов продуктивной влаги в агрочерноземах Канской лесостепи в посевах ярового рапса / В.В. Казанов, Е.Ю. Казанова // Инновационные тенденции развития российской науки: Материалы XIII Международной научно-практической конференции молодых ученых, Красноярск, 08–09 апреля 2020 года. – Часть I. – Красноярск: Красноярский государственный аграрный университет, 2020. – С. 34-37.
10. **Казанов, В. В.** Динамика температурного режима агрочерноземов Канской лесостепи в посевах ярового рыжика / В. В. Казанов, Е. Ю. Казанова // Научно-практические аспекты развития АПК: Материалы национальной научной конференции, Красноярск, 12 ноября 2020 года. – Часть 1. – Красноярск: Красноярский государственный аграрный университет, 2020. – С. 115-119.
11. Казанова, Е. Ю. Содержание и динамика минерального азота в агрочерноземе при возделывании ярового рапса по интенсивной технологии / Е. Ю. Казанова, **В. В. Казанов** // Научно-практические аспекты развития АПК: Материалы национальной научной конференции, Красноярск, 12 ноября 2021 года. – Часть 1. – Красноярск: Красноярский государственный аграрный университет, 2021. – С. 107-110.
12. Казанова, Е.Ю. Азотный фонд агрочерноземов Канской лесостепи в посевах ярового рапса / Е.Ю. Казанова, **В.В. Казанов** // Экологические чтения - 2021: XII Национальная научно-практическая конференция с международным участием, Омск, 04–05 июня 2021 года. – Омск: Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина, 2021. – С. 254-259.
13. Кураченко, Н.Л. Пищевой режим агрочернозема Канской лесостепи при возделывании ярового рапса на маслосемена / Н. Л. Кураченко, О. А. Ульянова, О. А. Власенко, **В.В. Казанов**, Е.Ю. Казанова // АгроЭкоИнфо. – 2022. – № 3.
14. Казанова, Е. Ю. Содержание минерального азота в профиле агрочерноземов Канской лесостепи / Е. Ю. Казанова, **В. В. Казанов** // Актуальные вопросы развития отраслей сельского хозяйства: теория и практика: Материалы IV Всероссийской конференции

- молодых ученых АПК, п. Рассвет, 19–20 мая 2022 года. – п. Рассвет: Общество с ограниченной ответственностью "АзовПринт", 2022. – С. 37-41.
15. Казанова, Е. Ю. Содержание минерального азота в агрочерноземе Канской лесостепи при возделывании рыжика посевного / Е. Ю. Казанова, **В. В. Казанов**, Н. Л. Кураченко // Почвенные ресурсы и их рациональное использование: Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения доктора сельскохозяйственных наук, профессора Петра Семёновича Бугакова, Красноярск, 22 апреля 2022 года. – Красноярск: Красноярский государственный аграрный университет, 2022. – С. 101-105.
16. Кураченко, Н.Л. Структура и динамика запасов растительного вещества в агроценозе ярового рапса / Н. Л. Кураченко, О. А. Ульянова, О. А. Власенко, **В.В. Казанов**, Е.Ю. Казанова // Современные проблемы и перспективы развития агрохимии, земледелия и смежных наук о плодородии почв и продуктивности полевых культур в Сибири: Материалы международной научно-производственной конференции с международным участием, Красноярск, 20–22 июля 2022 года. – Красноярск: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук», 2023. – С. 166-171.
17. Кураченко, Н. Л. Водный режим агрочернозема при возделывании ярового рапса по паровым предшественникам / Н.Л. Кураченко, **В.В. Казанов** // Наука и образование: опыт, проблемы, перспективы развития: Материалы международной научно-практической конференции, Красноярск, 18–20 апреля 2023 года. – Том 1. Часть 2. – Красноярск: Красноярский государственный аграрный университет, 2023. – С. 374-378.