

На правах рукописи

Жарких Ольга Андреевна

**ВЛИЯНИЕ НОВЫХ ХЕЛАТНЫХ ПРЕПАРАТОВ НА
УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ПРОДУКЦИИ ЛЬНА В УСЛОВИЯХ
ЦЕНТРАЛЬНОГО РАЙОНА НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ РОССИИ**

Специальность: 06.01.04 – Агрохимия

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Москва – 2022

Работа выполнена на кафедре химии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»

Научный руководитель: **Дмитревская Инна Ивановна**, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий кафедрой химии ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева

Официальные оппоненты: **Аканова Наталья Ивановна**, доктор биологических наук, профессор, заведующий лаборатории органических, известковых удобрений и химической мелиорации, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова»

Прудникова Анна Григорьевна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры агрономии, землеустройства и экологии, ФГБОУ ВО «Смоленская государственная сельскохозяйственная академия»

Ведущая организация: ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур» обособленное подразделение «Псковский научно-исследовательский институт сельского хозяйства»

Защита диссертации состоится 20 июня 2022 г. в 15-00 на заседании диссертационного совета Д 220.043.02, созданного на базе ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева» по адресу: 127434, г. Москва, ул. Прянишникова, д. 19, тел/факс: 8(499)976-21-84.

Юридический адрес для отправки почтовой корреспонденции (отзывов): 127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49.

С диссертацией можно ознакомиться в Центральной научной библиотеке имени Н.И. Железнова ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева» и на сайте Университета: <http://www.timacad.ru>

Автореферат разослан «__» _____ 2022 г.

И.о.ученого секретаря диссертационного совета,
доктор биологических наук

И.И. Серегина

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Лен занимает важное место в мировом продовольственном обеспечении как масличная и волокнистая культура общего и многоцелевого назначения. Для современного сельского хозяйства следует констатировать, что сорта льна-долгунца и льна масличного обладают стабильной урожайностью, хорошо отзываются на плодородие почвы, засухоустойчивы, технологичны и надежны, и адаптированы во многих странах мира и возделываются на всех континентах (Фаринюк, 2021; Янышина, 2019; Chursina, 2019; Bahrami, 2021). Наибольшая часть территории РФ сосредоточена в Нечерноземной зоне, из которых 36,8 млн. га отведены под сельскохозяйственные угодья, включая 25,9 млн. га пашни (Ториков, 2018; Dmitriev, 2019; Baley, 2019). На данном этапе интенсивного развития льноводства в районах Нечерноземья способствуют благоприятные почвенно-климатические, природные и экономические условия, а также большой и постоянный спрос на льняную продукцию, как для внутреннего потребления, так и на экспорт. Наиболее эффективным способом повышения урожайности и валового сбора волокна и семян льна является внедрение в производство новых высокоурожайных сортов и реализация их потенциала за счет совершенствования агротехнологий для конкретных почвенно-климатических условий региона (Bekuzarova, 2015; Белопухов, 2020; Chilali, 2020; Тихомиров, 2021).

Малоизученным на льне-долгунце и льне масличном остается применение новых препаратов хелатной природы, которые содержат макроэлементы (азот, фосфор, калий, магний, кальций и другие) и микроэлементы (цинк, бор, медь, селен, молибден, железо, кремний и другие). Применение данных препаратов способно в комплексе удовлетворить растения всеми необходимыми питательными элементами во время вегетации, соответственно влиять на рост, развитие и урожайность культур, а также качество получаемой продукции.

Степень разработанности темы. Изучением химических и физических свойств хелатных комплексов, их природы, синтезом занимаются исследователи уже ни одно десятилетие (Гельфман, 2004, Пестов, 2015, Цирульникова, 2016, Макаренков, 2020 и др.). Применение комплексанатов в медицине, пищевой и химической промышленности посвящены работы многих авторов (Бекетов, 2009, Щитковская, 2011, Фаустова, 2016, Ерешко, 2018, Викторова, 2019, Никифорова, 2021 и др.). Однако информации в научной литературе о влиянии хелатных препаратов на рост, развитие, физиологические процессы растений и урожайность сельскохозяйственных культур достаточно мало (Никифоров, 2017, Усанова, 2017, Косякин, 2019, Галичкина, 2021, Нуштаева, 2021, Пронько, 2021 и др.), особенно недостаточно изучено действие хелатов на лен-долгунец и лен масличный (Скворцов, 2018, Кузьменко, 2020, Петрова, 2020 и др.).

Цель исследований – изучить действие новых комплексных хелатных препаратов на рост, развитие и урожайность льна-долгунца, льна масличного и качество получаемой продукции.

Задачи исследований:

1. установить влияние препаратов Хелатон Экстра и Хелат Zn на рост, развитие льна и морфологические показатели растений;
2. изучить действие хелатных препаратов на урожайность волокна, семян льна-долгунца и льна масличного;
3. определить химический состав волокна, семян и льняного масла;
4. изучить микроструктуру волокна и семян льна-долгунца, льна масличного на фоне применения на растениях Хелатон Экстра и Хелат Zn;
5. определить содержание макро – и микроэлементов в льнопродукции.

Научная новизна. Впервые на льне - долгунце двух сортов (сорт Память Крепкова, сорт Добрыня) и одном сорте льна масличного (сорт Северный) в условиях Полевой опытной станции РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (ЦФО, г. Москва) установлено действие новых хелатных препаратов Хелатон Экстра и Хелат Zn на рост и развитие культур. Данные препараты способствовали увеличению роста льна, положительно влияли на морфологические показатели растений, увеличивали урожайность культур. Впервые установлены показатели качества основной продукции льноводства (волокно, семена, льняное масло) на фоне применения на растениях новых хелатных комплексных препаратов с применением методов: ближней инфракрасной спектроскопии (БИК) и растровой электронной микроскопии (РЭМ) с модулем энергодисперсионной спектрометрии (ЭДС).

Теоретическая и практическая значимость. Для практического использования разработана технология применения двух новых хелатных комплексных препаратов Хелатон Экстра и Хелат Zn для опрыскивания растений льна – долгунца и льна масличного в фазу елочки культур. Установлено положительное действие препаратов на основные показатели роста и развития растений, а также качество продукции. В теоретическом плане зарегистрированы базы данных показателей качества и химического состава волокна, семян льна с использованием методов РЭМ и БИК.

Методология и методы исследований. Методология исследований основывалась на поиске научной литературы по изучению принципов действия хелатных препаратов на сельскохозяйственные культуры, а также анализе современных агротехнологий выращивания льна-долгунца и льна масличного, что сформулировало цели и задачи научной работы. В ходе исследований использованы классические методы агрохимического анализа почв и растений по ГОСТам, а также методы физико-химического анализа – БИК и РЭМ.

Положения, выносимые на защиту:

- Применение новых хелатных препаратов на льне – долгунце и льне масличном при выращивании в условиях Полевой опытной станции РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева приводило к увеличению роста растений, урожайности волокна и семян культур в среднем за три года исследований;

- Препараты Хелатон Экстра и Хелат Zn положительно влияли на увеличение содержания: белков, липидов в семенах, ненасыщенных жирных кислот в льняном масле, а так же на улучшение качества волокна льна;
- Методом РЭМ установлено различие в структуре и элементном составе волокна и семян льна вариантов с Хелатон Экстра, Хелат Zn относительно контроля.

Степень достоверности и апробация результатов. Степень достоверности результатов исследований подтверждается большим количеством выполненных опытов. Полевые, лабораторные опыты и химический анализ проведены в течение трех лет (2018 – 2020 гг.) в четырехкратной повторности по каждому варианту. Статистическая обработка данных выполнена с помощью программы Excel и Statistica 6.0.

Результаты научной работы были представлены на выставках «Золотая осень», Москва, 2018, работа награждена серебряной медалью; «АгроРусь», Санкт-Петербург, 2021, работа награждена золотой медалью; а также восьми международных и всероссийских конференциях: VI всероссийской молодёжной научно-практической конференции «Студенчество России: век XXI», Орел, 2018; международной научной конференции молодых учёных и специалистов, посвящённой 150-летию А.В. Леонтовича, Москва, 2019; I всероссийской (национальной) конференции «Рациональное использование природных ресурсов: теория, практика и региональные проблемы», Омск, 2021; национальной научно-практической конференции с международным участием, посвященной 90-летию со дня рождения доктора сельскохозяйственных наук, профессора, Академика Международной академии аграрного образования, Почетного работника высшего профессионального образования РФ, Заслуженного деятеля науки и техники Ульяновской области Владимира Ивановича Морозова: «Биологическая интенсификация систем земледелия: опыт и перспективы освоения в современных условиях развития», Ульяновск, 2021 (2 доклада); международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию ФГБОУ ВО Чувашский ГАУ «Научно-образовательная среда как основа развития интеллектуального потенциала сельского хозяйства регионов России», Чебоксары, 2021; международной научно-практической конференции молодых ученых «Инновационные тенденции развития российской науки», Красноярск, 2021; международной научно-практической конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Проблемы интенсивного развития животноводства и их решение», Брянск, 2021.

Личный вклад автора. Автор самостоятельно выполнил полевые, лабораторные опыты и химический анализ, провел статистическую обработку полученных данных, подготовил материалы для выступления на конференциях, написание статей, и оформление диссертации.

Публикации. По теме диссертации опубликована 13 научных работ, в том числе 3 работы в изданиях, рекомендованных ВАК РФ, 2 свидетельства о регистрации базы данных.

Структура и объем диссертации. Диссертация изложена на 142 страницах, состоит из введения, основной части, содержащей 16 рисунков, 18 таблиц, заключения, списка литературы (включает 237 наименования, в том числе 53 на иностранном языке) и 6 приложений.

Благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю, доктору сельскохозяйственных наук, доценту, заведующему кафедрой химии ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, Дмитревской И.И. за помощь в научных исследованиях и написании диссертации, доктору сельскохозяйственных наук, профессору, и.о. директора института Агробиотехнологий ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева Белопухову С.Л. за ценные советы и совместные публикации, а также автор выражает благодарность всему коллективу кафедры химии ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, и разработчикам хелатных препаратов коллективу ФГУП НИЦ «Курчатовский институт» — ИРЕА.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава 1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

В главе освещены мировые тенденции развития льноводства на основании анализа литературных данных (Рожмина, 2018; Goudenhoft, 2018; Valey, 2019; Кошечева, 2020; Kozłowski, 2020; Сивриков, 2020; Кирилова, 2021; Тавгень, 2021; Romanovski, 2021; Grand view research, 2021; Indexbox, 2021; FAO, 2021; Росстат, 2021 и др.). Представлена информация об экономической эффективности льноводства в России и зарубежных странах, отмечены крупнейшие страны импортеры и экспортеры в международной торговле льнопродукции (Chursina, 2019; Dudarev, 2020; Pan, 2020; Omar, 2020; Galinousky, 2020; Farinyuk, 2020; Talebi, 2020; Кирилова, 2021; Миронова, Федорова, 2021; Миронцева, 2021; Фаринюк, 2021; Петровец, 2021; Сивриков, 2020; Indexbox, 2021; Петровец, 2021; Шундалов, 2021; Madeinrussia, 2021; Grand view research, 2021; OECtoday, 2021 и др.). Рассмотрено распространение и перспективы использования сортов льна-долгунца и льна масличного, разрешенных к выращиванию по регионам РФ. Отмечены лидеры по количеству сортов и координаторы селекционной работы (Корепанова, 2012; Гореева, 2014; Андроник, 2018; Акимов, 2019; Петрушина, 2019; Янышина, 2019; Staficka, 2019; Shivaraj, 2019; You, 2019; Pisupati, 2021; Давыдов, 2021; Тихомиров, 2021; ФГБУ «Госсорткомиссия», 2021; Давыдова, 2021). Показано влияние агротехнологии выращивания льна-долгунца (Рогаш, 1957,1973; Школьник, 1974; Василенко, 1978; Ягодин, 2002; Фатыхов, 2007; Шаповал, 2010;Ториков, 2010,2016, 2018; Налиухин, 2013, 2015; Прудников, 2014; Akimov, 2020; Pavlov, 2018;Dmitriev, 2019). Также рассмотрены агротехнологии выращивания льна масличного (Тихомирова, 1971; Чудинова, 2010; Лукомец, 2010; Глушаков, 2012; Вишневецкая, 2013; Прудников, 2014; Сорокина, 2018;Сюняев, 2018).

ГЛАВА 2 ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектами исследований являлись: лен масличный сорт Северный (ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК имени В.С. Пустовойта), лен – долгунец сорта Память

Крепкова (ФГБУН Сибирский ФНЦА РАН), и сорта Добрыня (ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур»), а также хелатные препараты, разработанные ФГУП НИЦ «Курчатовский институт» — ИРЕА: Хелатон Экстра – комплексный хелатный препарат, солей органической кислоты ОЭДФ и макро-, микроэлементов (г/л): N- 23, P- 49,1, Fe- 5,75, Mn- 5,75, Cu- 5,75, Co- 5,75, Zn- 5,75, Mo- 5,75, B- 1,7, S- 17,2 и Хелат Zn – комплексанат ОЭДФ и макро-, микроэлементов (г/л): N- 0,7, P- 53,0, K - 81, Zn- 41,4.

Полевые опыты со льном – долгуном и льном масличным проведены на территории Полевой станции РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева в 2018-2020 гг. (проведены в соответствии с методическими рекомендациями по возделыванию культур, закладка опытов по Доспехову). Почва полевой опытной станции РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева дерново-подзолистая средне- и легкосуглинистая, старопашотная. Агрохимическая характеристика почвы пахотного горизонта (0-22 см), средние значения за 2018–2020 гг.: содержание гумуса (по Тюрину) 2,3-2,4%, рН_{сол.} – 5,5...5,7 (6 класс), легкогидролизуемого азота (по Тюрину и Кононовой.) – 52...54 мг/ кг почвы (3 класс), подвижного фосфора (по Кирсанову) – 170... 175 мг/ кг почвы (2 класс), подвижного калия (по Кирсанову) – 94...95 мг/кг почвы (3 класс).

С осени проведена основная вспашка (МТЗ 1221+ UNIA 2+1), весной боронование (МТЗ 80+БЗТС-1), культивация перед посевом (МТЗ – 80 + ZBC - 300). Посев льна-долгунца и льна масличного проведен в 1 декаде мая сеялкой МТЗ -80+AMAZONE D 9-30, на глубину 2 – 3 см. Под культуру удобрений не вносили. Норма высева семян льна-долгунца составила из расчета 135 кг/га, льна масличного – 50 кг/га. Предшественники в годы исследований были зерновые культуры.

Во время вегетации льна в фазу елочки проведено двукратное опрыскивание растений с интервалом 10 дней. Первая обработка растений осуществлена баковой смесью гербицида (Ленок, 8-10 г/га) и препаратами Хелатон Экстра (вариант 1), Хелат Zn (вариант 2). В качестве контроля выбраны делянки, обработанные только гербицидом (вариант 3). Вторая обработка растений проведена только хелатными препаратами. Препараты Хелатон Экстра и Хелат Zn применяли при норме расхода 0,2 л/га, расход рабочей жидкости 300 л/га. Повторность всех опытов 4-х кратная. Расположение делянок рандомизированное. Учетная площадь делянки 20 м². Общая площадь посева льна-долгунца и льна масличного 0,10 га.

Лабораторные исследования включали в себя: анализ волокна, семян и масла льна-долгунца и льна масличного методом БИК (ГОСТы 30131-96, 32749-2014 , 12099-2017, 56561— 2015, 5791-81); анализ семян и волокна льна-долгунца и льна масличного методом РЭМ и ЭДС (руководство по эксплуатации, методические рекомендации); определение агрохимической характеристики почвы гумус по Тюрину (ГОСТ 26213-91), содержания подвижных форм фосфора по Кирсанову (ГОСТ 54650-2011), подвижного калия (ГОСТ 54650-2011), легкогидролизуемый азот по Тюрину и Кононовой (ГОСТ 26951-86).

По климатическим условиям вегетационные периоды 2018 и 2019 годов характеризовались засушливыми условиями, показатель ГТК в среднем не превышали соответственно 0,9 и 1,1. Однако вегетационный период 2020 года отличался обильным выпадением осадков, ГТК составил 2,9. Высокое выпадение осадков 2020 г. повлияло на снижение урожайности льна по всем вариантам опытов.

ГЛАВА 3 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

3.1 Морфологические характеристики растений льна-долгунца и льна масличного на фоне применения хелатных препаратов

За три года исследований самые благоприятные климатические условия для льна-долгунца были в 2018 г., сильным переувлажнением и недостатком тепла характеризовался вегетационный период 2020 г., что в целом повлияло на рост и развитие льна по всем вариантам опытов.

Лен - культура, которая требовательна к основным элементам питания в ранние этапы своего развития, недостаток микроэлементов в почве, может приводить к появлению болезней у растений. В наших исследованиях применение хелатных препаратов, содержащие макро- и микроэлементы, способствовало улучшению роста и развития растений и к концу вегетации повышало основные морфологические показатели льна.

В варианте с Хелатоном Экстра высота растений до 7,5 см и техническая длина до 6,6 см достоверно увеличивалась относительно контроля по двум изученным сортам льна-долгунца. Хелат Zn достоверно влиял на повышение высоты растений на 3,9 см и технической длины на 4,1 см только у сорта Память Крепкова в благоприятный 2018 г.

Применение хелатных препаратов на растениях льна масличного в целом положительно влияло на морфологические параметры растений в течение вегетации. Средняя высота растений за три года наблюдений увеличилась до 5,7 см с Хелатон Экстра, до 3,2 см с Хелат Zn относительно контроля. Техническая длина увеличилась до 7,8 см с Хелатон Экстра, до 5,5 см с Хелат Zn относительно контроля.

3.2 Влияние хелатных препаратов на урожайность льна-долгунца и льна масличного

Основные виды продукции, получаемые при выращивании льна – семена и волокно.

В среднем за три года исследований у льна-долгунца урожайность соломы была выше до 9,3 ц/га, тресты до 9,2 ц/га в варианте с Хелат Экстра и до 3,3 ц/га соломы, 1,3-4,6 ц/га тресты в варианте с Хелатон Zn относительно контроля. При обработке растений льна-долгунца препаратом Хелатон Экстра происходило увеличение урожайности волокна до 2,4 ц/га, а Хелат Zn влиял на повышение урожайности волокна до 1,4 ц/га относительно контроля.

На урожайность семян влиял больше препарат Хелат Zn до 2,0 ц/га, Хелатон Экстра на до 1,7 ц/га относительно контроля.

Более отзывчивый сорт на действие комплексных хелатных препаратов оказался сорт Память Крепкова, достоверно различие между препаратами у льна-долгунца наблюдалось в урожайности волокна действие Хелатон Экстра, в урожайности семян Хелат Zn.

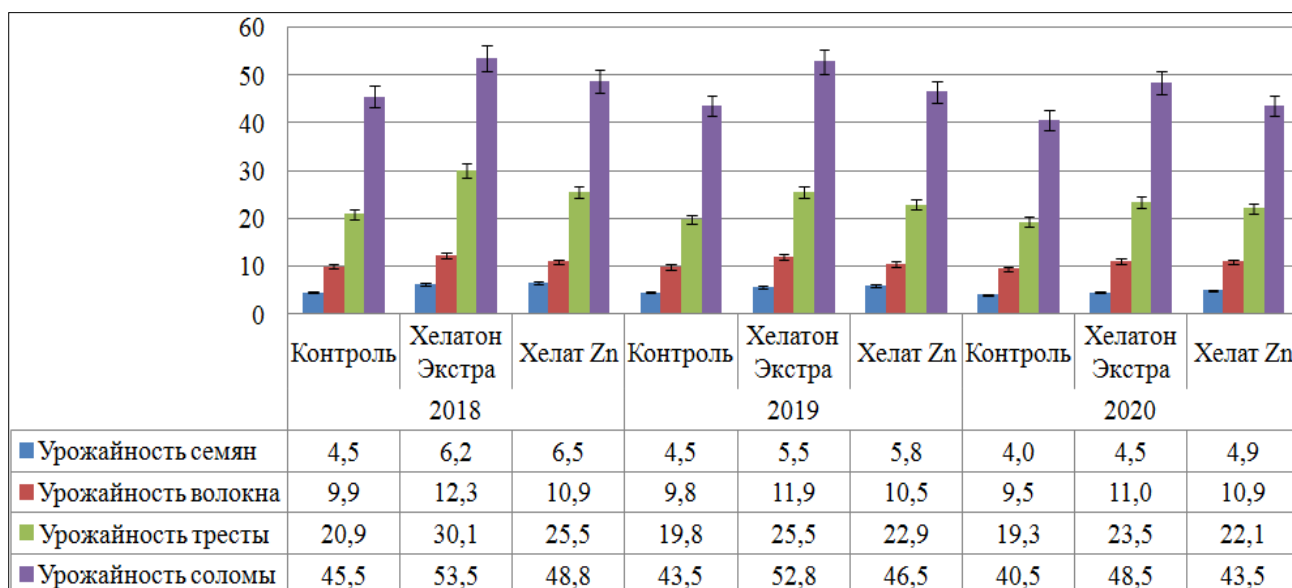


Рисунок 1 – Урожайность льна - долгунца сорт Память Крепкова на фоне применения на растениях хелатных препаратов, ц/га

У льна масличного достоверная прибавка урожайности короткого волокна и семян была по всем вариантам опытов относительно контроля. Отмечено достоверное различие в увеличении действии Хелатон Экстра относительно Хелат Zn в урожайности волокна на 0,5 – 0,7 ц/га, также повышение урожайности семян Хелат Zn относительно Хелатон Экстра на 0,7 – 1,6 ц/га.

3.3 Изучение химического состава льноволокна

Контроль качества получаемой продукции является важным критерием для решения вопроса ее дальнейшего использования в производстве для изготовления различных товаров для населения. Высококачественное льняное волокно должно содержать 75 – 80 % целлюлозы, не более 4 – 5 % лигнина, низкое содержание пектиновых веществ.

В наших исследованиях методом Ближней инфракрасной спектроскопии (БИК) было определено общее содержание органических и минеральных компонентов, а так же целлюлозы, лигнина и золы в волокне.

Было установлено, что препарат Хелатон Экстра достоверно увеличивал содержание целлюлозы на 4,8 – 9,1 % и снижал содержание лигнина на 0,9 – 1,7 %, пектиновых веществ до 1,1 % в волокне льна относительно контроля по двум изученным сортам льна-долгунца. Оба исследуемых препарата увеличивали зольность волокна на 0,4 – 1,5 %, что может свидетельствовать о более интенсивном поглощении макро- и микроэлементов льном-долгунцом и

как следствие Хелатон Экстра и Хелат Zn способны влиять на биохимические процессы в целом на растения.

Таблица 1 – Химический состав волокна льна – долгунца и льна масличного, % на абсолютно сухое вещество

Сорт	Год	Вариант опыта	Целлюлоза	Лигнин	Пектиновые вещества	Зола	
Добрыня	2018	контроль	75,5	4,8	2,9	2,8	
		Хелатон Экстра	80,3	3,1	1,9	4,0	
		Хелат Zn	79,0	4,8	2,7	4,0	
			НСР ₀₅	3,6	3,6	0,2	0,1
	2019	контроль	70,0	4,8	3,0	2,5	
		Хелатон Экстра	78,9	3,5	1,9	3,9	
		Хелат Zn	73,5	4,9	2,9	4,0	
			НСР ₀₅	3,5	3,5	0,1	0,1
	2020	контроль	69,8	4,5	3,1	2,5	
		Хелатон Экстра	78,9	3,6	2,0	3,5	
		Хелат Zn	72,1	4,4	2,9	3,9	
			НСР ₀₅	3,4	3,4	0,1	0,1
Северный	2018	контроль	65,5	6,3	3,0	2,0	
		Хелатон Экстра	71,5	4,9	1,9	2,5	
		Хелат Zn	68,8	5,9	2,1	2,0	
			НСР ₀₅	3,1	0,4	0,2	0,2
	2019	контроль	63,3	6,6	2,9	2,3	
		Хелатон Экстра	70,0	5,0	2,0	2,7	
		Хелат Zn	69,0	5,9	2,5	2,1	
			НСР ₀₅	3,2	0,5	0,2	0,1
	2020	контроль	60,1	6,9	3,3	2,0	
		Хелатон Экстра	66,5	5,5	2,0	2,5	
		Хелат Zn	64,2	6,2	2,5	2,3	
			НСР ₀₅	3,2	0,5	0,2	0,1

По вариантам опытов у растений льна масличного сорта Северный относительно контроля происходит увеличение содержания в волокне целлюлозы на 3,3 - 6,7 % и уменьшение содержания лигнина на 0,7 - 1,6 %, пектиновых веществ на 0,4 – 1,3 % в среднем за три года исследований. Отмечено, что применение Хелатон Экстра на льне влияло больше на синтез целлюлозы (66,5 - 71,5 %) относительно варианта с Хелатон Zn (64,2 - 68,8 %),

также увеличивалась зольность Хелатон Экстра на 0,4 - 0,5 % относительно контроля.

Таким образом, применение хелатных препаратов приводило к снижению содержания лигнина и пектиновых веществ в волокне льна - долгунца и льна масличного, и увеличению целлюлозы, следовательно, повышало его качество.

3.4 Изучение химического состава льняных семян

Качественные характеристики семян льна, при применении хелатных препаратов, были определены методом ближней инфракрасной спектроскопии (БИК), данный метод позволяет в течение 1-2 минут определить основные показатели качества сельскохозяйственной продукции. В семенах было определено содержание белков и липидов по вариантам опытов.

Хелат Zn повышал в семенах содержание белков на 3,4 – 5,3 %, Хелатон Экстра на 0,8-2,0 %, липидов увеличивалось при применении Хелат Zn на 6,4-7,7 %, Хелатон Экстра на 2,3-4,1 % относительно контроля в среднем за три года исследований по двум изученным сортам льна-долгунца. Также установлено достоверное различие в действии препаратов на химический состав семян. У сорта Память Крепкова в варианте Хелат Zn в семенах повышалась содержание белков на 3,2 – 4,2 %, липидов 2,9 – 4 % относительно Хелатон Экстра, у сорта Добрыня в варианте Хелат Zn увеличивалось белков на 2,1 – 2,5 %, липидов 2,5 – 4,9 % относительно Хелатон Экстра.

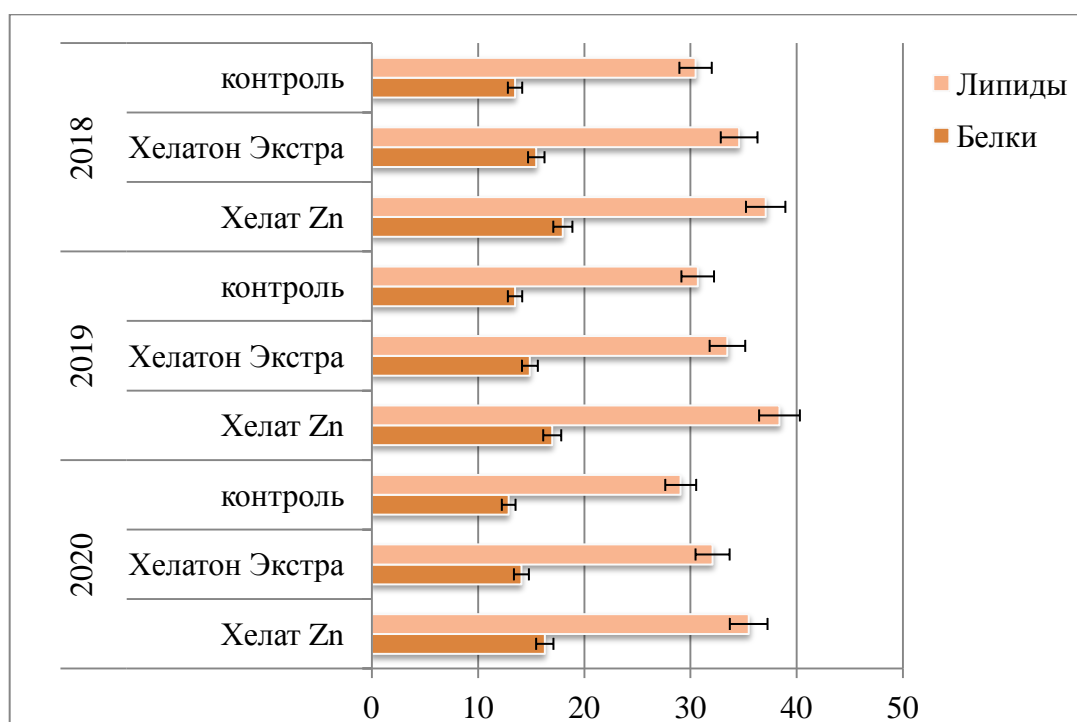


Рисунок 2 – Химический состав семян льна-долгунца сорт Добрыня, % на абсолютно сухое вещество

Хелатон Экстра влиял на увеличение в семенах льна масличного сорта Северный содержания белков на 0,6 -1,6 %, липидов на 1,1 – 1,4 %, Хелат Zn

белков на 4,5 – 5,2 %, липидов на 4,8 – 5,3 % относительно контроля. Препарат Хелат Zn относительно Хелатон Экстра влиял на повышение белков в семенах на 2,9 – 4 %, липидов на 3,6 – 4,2 %.

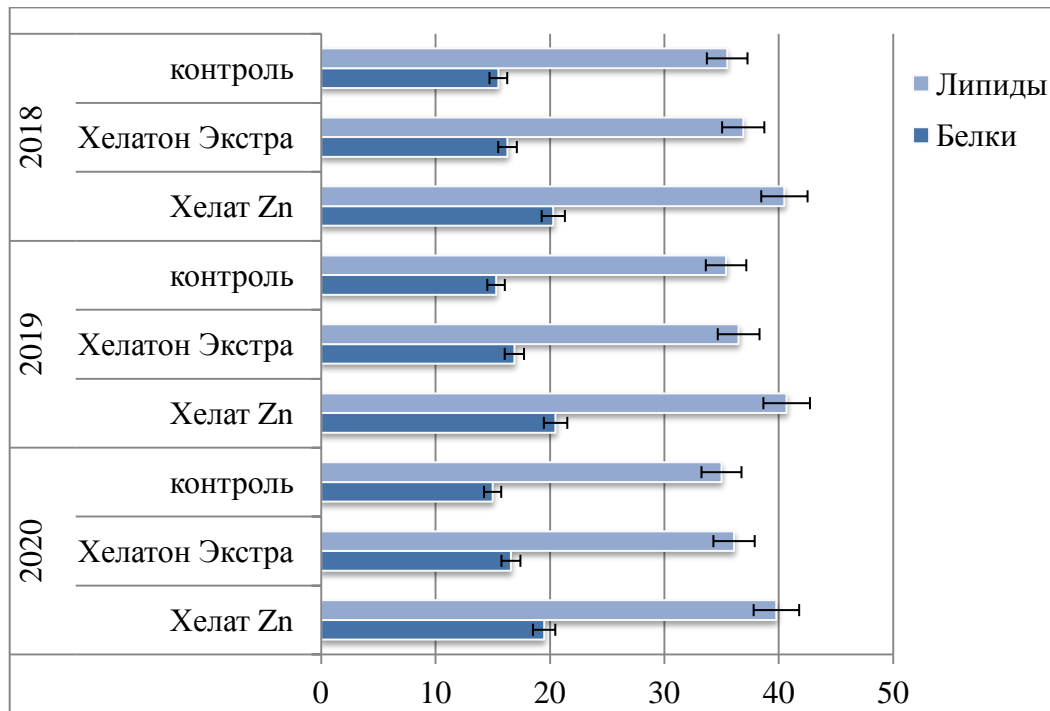


Рисунок 3 – Химический состав семян льна масличного сорт Северный, % на абсолютно сухое вещество

Оба препарата способствовали улучшению пищевой ценности семян по содержанию в них общей суммы белков и липидов, препарат Хелат Zn оказался эффективнее.

3.5 Исследование жирнокислотного состава масла льна

По вариантам опытов выход масла из семян льна масличного был высокий до 42,5 %, из семян льна-долгунца до 23,9 %. Отмечено, что Хелат Zn способствовал увеличению выхода масла до 7 % относительно контроля из семян льна масличного. Хелатон Экстра достоверно увеличивал выход масла из семян льна-долгунца до 1,9 %, Хелат Zn до 2,4 % относительно контроля в среднем за 3 года исследований.

Увеличение содержание ненасыщенных жирных кислот (в том числе α -линоленовой кислоты) в составе льняного масла и снижение насыщенных жирных кислот улучшает его питательную ценность.

В льняном масле, полученном из семян льна масличного самое высокое содержание насыщенных жирных кислот отмечено в контрольном варианте 10,5 – 11%, действие препаратов способствовало уменьшению данных кислот до 10 %. Сумма ненасыщенных жирных кислот увеличивалась в льняном масле в варианте с Хелатон Экстра до 90,7 %, в варианте с Хелат Zn до 92 %, относительно контроля (89,5 %). Содержание незаменимой α -линоленовой (Омега 3) кислоты повышалось в масле варианта с Хелат Zn до 62,2 % относительно контроля (55,5 %).

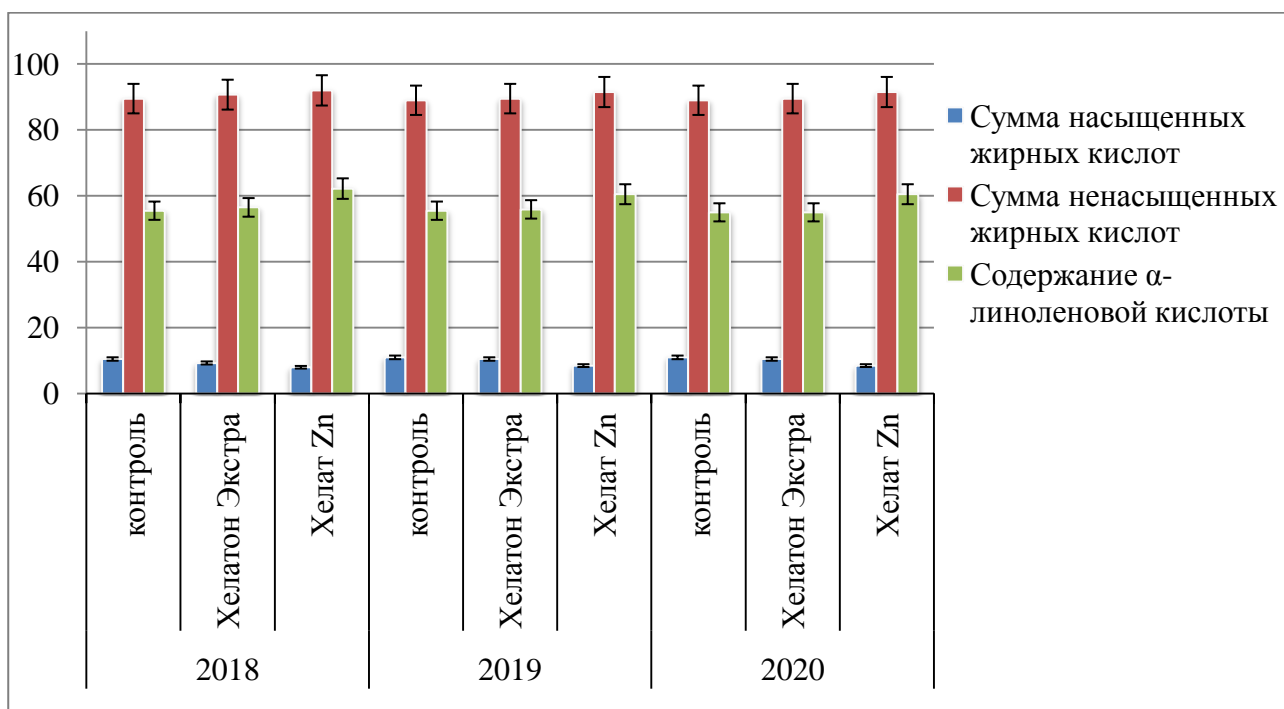


Рисунок 4 –Химический состав масла льна масличный сорта Северный, %

В масле, полученном из семян льна-долгунца, отмечено снижение суммы насыщенных жирных кислот (9,7 – 10,7 %) относительно контроля (12,4 – 13,0 %) и увеличение суммы ненасыщенных жирных кислот (89,6 - 90,3) в варианте с Хелат Zn относительно контроля (87 - 87,5). Также препарат Хелат Zn повышал содержание α-линоленовой кислоты до 62,1 % относительно контроля (53,1 – 59,5 %).

3.6 Изучение микроструктуры семян и волокна льна-долгунца и льна масличного

Методом РЭМ был проведен анализ микроструктуры семян и волокна по всем вариантам опытов.

Оболочка семян льна – долгунца и льна масличного имеет похожую структуру – плотная, гладкая, твердая, без выраженных пор (рисунок 5, а,б,в). Она очень плотно прилегает к ядру. Под микроскопом отчетливо видны нарушения в оболочки семян контрольных вариантов: трещины, разрывы, разломы. Исследуемые препараты положительно влияли на качество семян, не было обнаружено дефектов. Таким образом, метод РЭМ позволил выявить дефекты оболочки семян контрольных образцов, что дает нам возможность сделать предварительную оценку качества семенного материала и возможность использование их в пищевой промышленности.

Ядро семян льна богато жирами, белками, углеводами, витаминами и макро-, микроэлементами. Рассматривая микроструктуру ядра семян льна под микроскопом, нами установлено, что оно имеет ярко выраженную пористую структуру, пористая структура одинаковая по всей поверхности ядра. По вариантам опытов не обнаружено различий в микроструктуре ядра (рисунок 5,г,д,е).

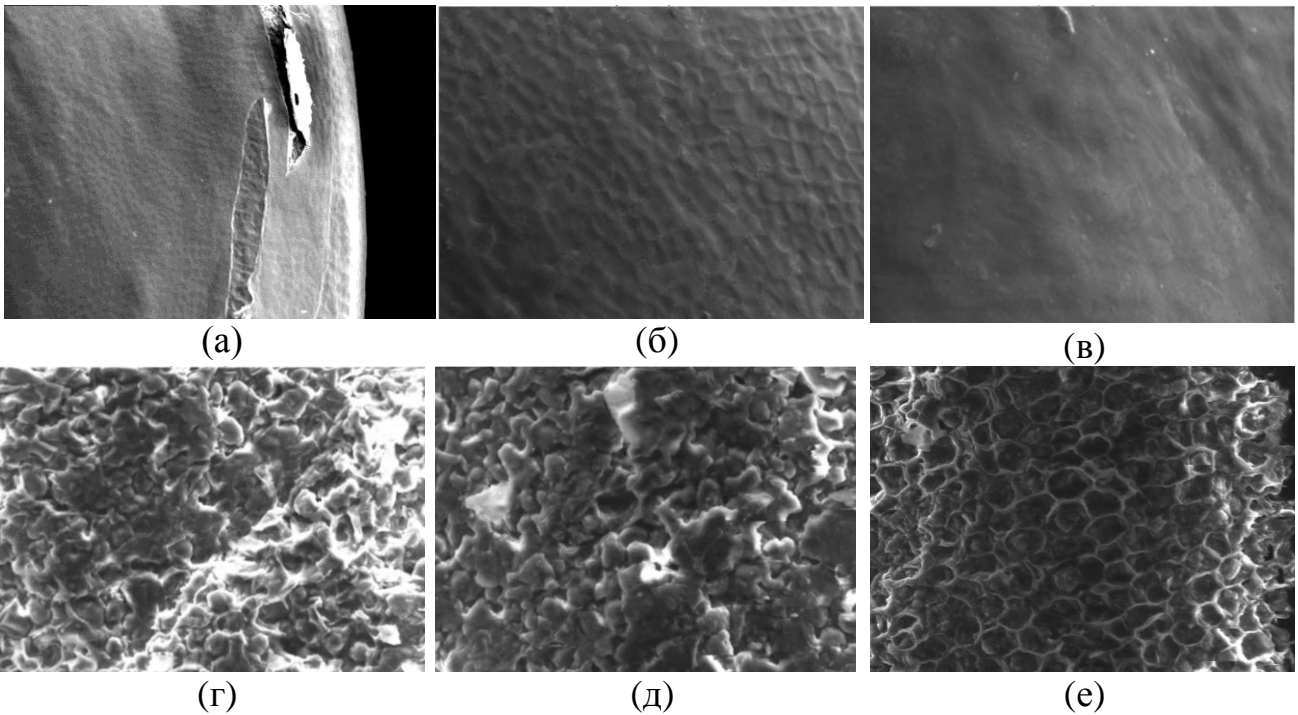


Рисунок 5 – Микроструктура семян льна масличного сорт Северный, (а) – оболочка семян, контроль; (б) – оболочка семян, Хелатон Экстра; (в) – оболочка семян, Хелат Zn; (г) – ядро семени, контроль; (д) – ядро семени, Хелатон Экстра; (е) – ядро семени, Хелат Zn

Методом РЭМ установлено резкое отличие структуры волокна по вариантам опытов (рисунок 6). В контрольных образцах, волокна имеют много включений, наростов, клетки микрофибрилл неровные, имеют трещины, разрывы, различные дефекты, толщина волоконца превышает 30 мк, что снижает их прочность. Микроструктура волоконца контрольных образцов часто загрязнена включениями грубой целлюлозой (одревесневшие клетки костры льна).

Волокно льна вариантов с хелатными комплексами однородное, ровное и гладкое, визуально не наблюдается включений лигнина, нет дефектов, наростов, разрывов, средний диаметр микрофибрилл волоконца находился в пределах 20...30 мк., волоконца имеют вид гладкой, длинной нити.

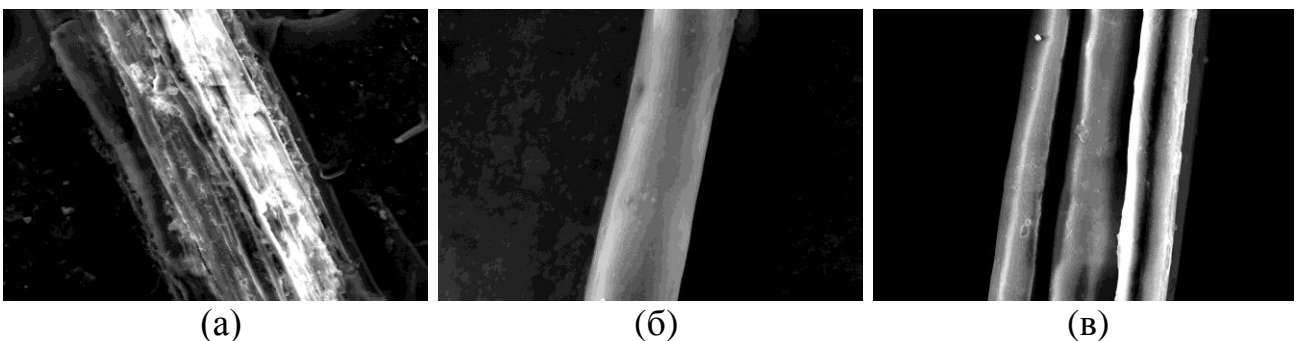


Рисунок 6 – Микроструктура волокна льна–долгунца сорт Память Крепкова, (а) – контроль; (б) – Хелатон Экстра; (в) – Хелат Zn;

Таким образом, методом РЭМ мы оперативно смогли установить различие в качестве волокна льна разных вариантов, что позволяет нам рекомендовать использовать хелатные препараты на льне, которые способны улучшать качество волокна.

3.7 Элементный состав семян и волокна льна-долгунца и льна масличного

Для определения элементного состава продукции льноводства нами был выбран метод РЭМ совместно с модулем ЭДС, который позволяет в течение нескольких минут без трудоемкой пробоподготовки получить суммарный спектр карты химических элементов исследуемого образца.

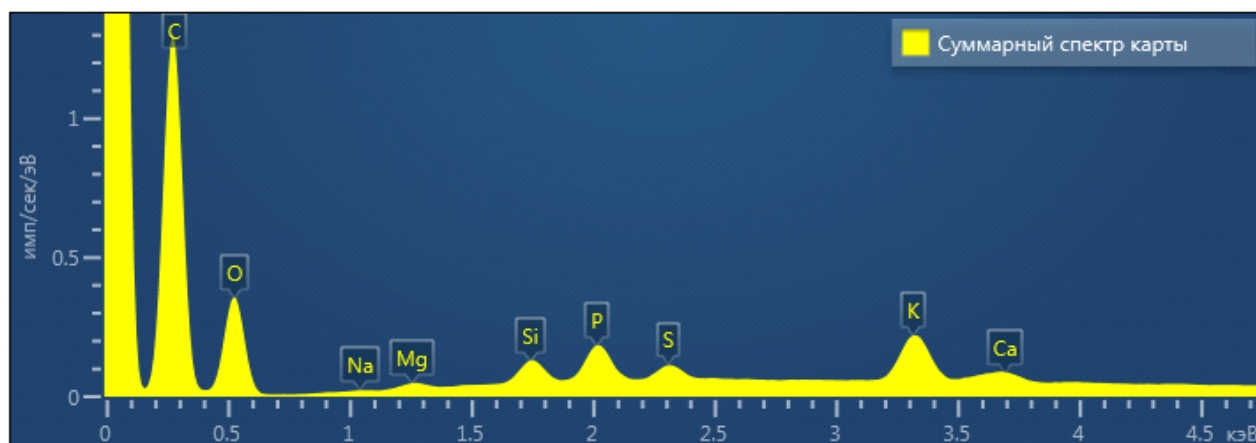
Принцип работы энергодисперсионного спектрометра (ЭДС) заключается в следующем: пучок электронов падает на поверхность образца и взаимодействует с материалом, в результате чего возникает характеристическое рентгеновское излучение, которое регистрируется полупроводниковым детектором. Система обработки сигнала разделяет рентгеновские фотоны по энергиям, и мы получаем полный спектр, по которому судим об элементном составе образца.

На спектрах распределение химических веществ в оболочке и ядре семян, было обнаружено высокое содержание кислорода (26,6 – 39,1 %), углерода (47,7 – 64,6 %), что характеризует основной компонент их – это белки, липиды и углеводы, также отмечены различия.

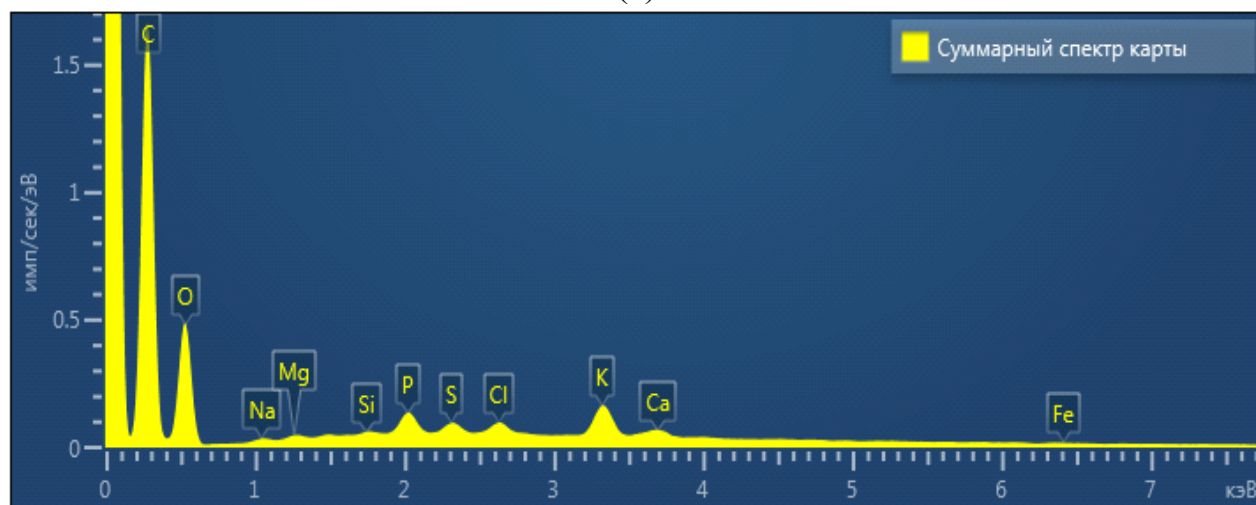
Основное накопление калия (4,7 – 8,9 %), кальция (7,2 – 8,9 %) происходит в оболочке семени. Также в варианте с Хелат Zn происходит накопление цинка до 7,3 %, что не отмечено в других вариантах. Содержание углерода, кислорода, натрия, магния, кремния, алюминия, фосфора, серы и хлора в целом не имело существенных различий по годам по вариантам, по остальным изученным элементам калий, кальций, медь и цинк отмечено отличие по годам.

В среднем за три года исследований применения хелатных препаратов на растениях льна-долгунца и льна масличного способствовало накоплению в оболочке семян таких элементов, как магния до 2,8 % , кремния до 0,9%, фосфора, серы до 0,3%, калия до 6,2 %, кальция до 8,9 %, меди и цинка до 7,3 %.

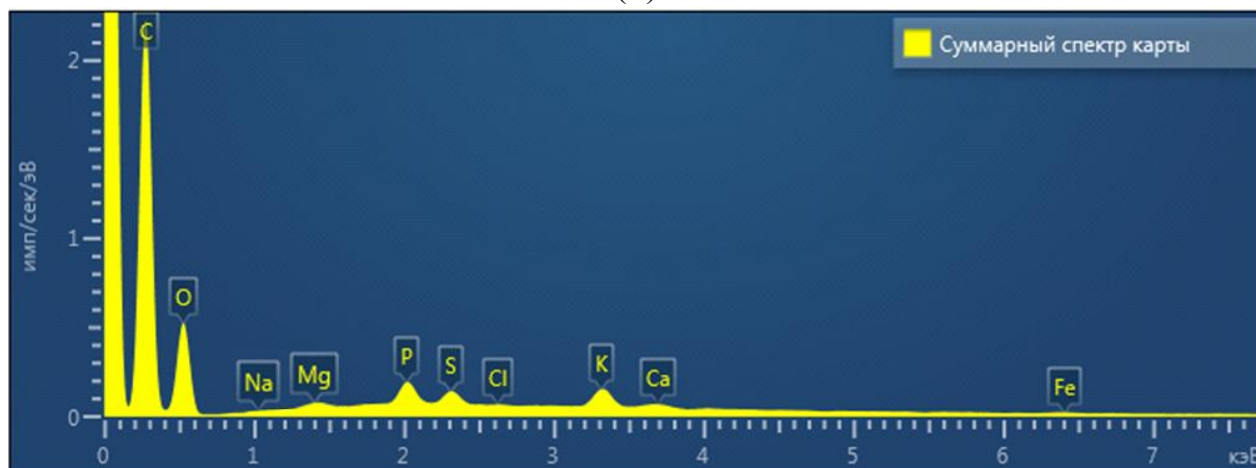
На спектрах распределения химических элементов в ядре семени обнаружено присутствие натрия 0,1 – 0,3 %, магния в контроле 0,2 – 1,7 %, в вариантах с препаратами происходит увеличение этого элемента 1,2 – 3,1 %, содержания кремния не превышает 0,1 %, фосфора в контроле 0,5 – 2,3 %, в вариантах с препаратом происходит увеличение этого элемента 1,8 – 3,6 %; серы в контроле 0,2 – 0,3 %, на фоне хелатных препаратов повышается её содержание 1,1 – 1,7 %, калия в контроле 1,2 – 2,5 %, по вариантам происходит увеличение этого элемента до 2,2 – 3,9 %, кальция в контроле 0,3 – 1,4 %, в вариантах с препаратами повышается кальций до 1,4 – 2,3 %. Спектральная линия железа есть только в вариантах с препаратами. В контрольном варианте не обнаруживается спектральной линии железа.



(a)



(б)



(в)

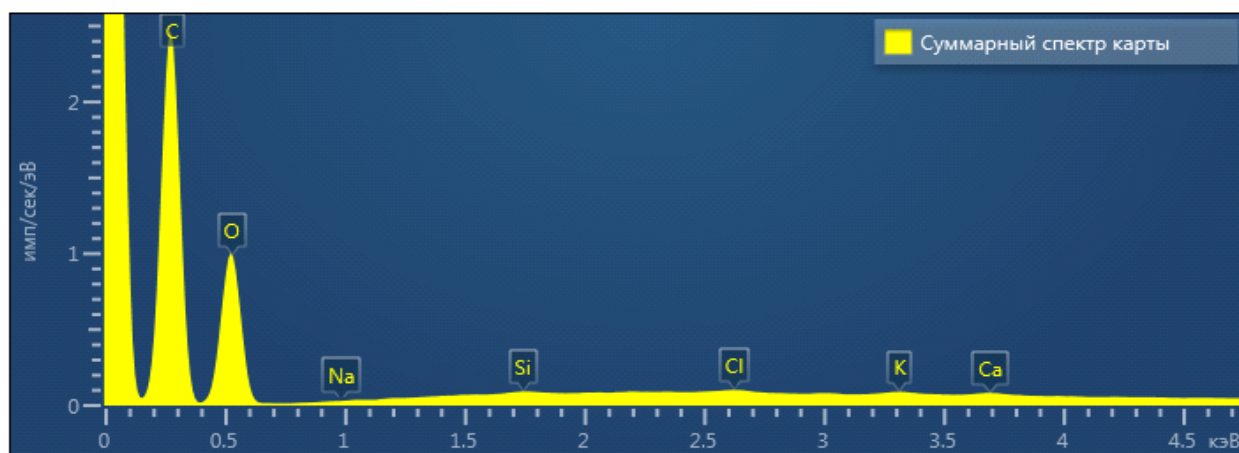
Рисунок 7 – Спектр распределение химических элементов в ядре семян льна масличного сорта Северный, (а) – контрольный вариант, (б) – вариант Хелатон Экстра, (в) – вариант Хелат Zn

В ядре семян содержание элементов в целом не имело существенных различий по годам исследований.

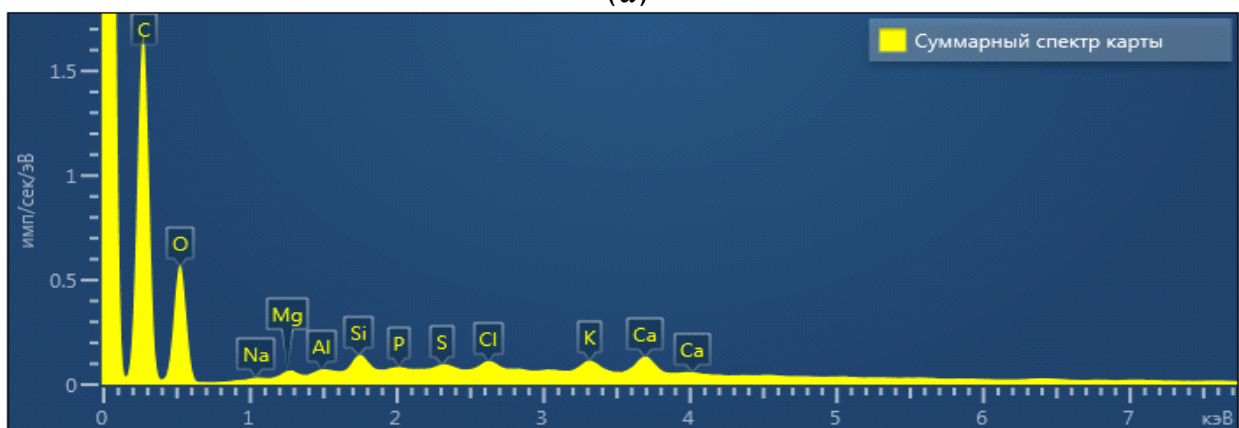
Метод РЭМ совместно с ЭДС позволил нам оценить перераспределение химических элементов в частях семян льна, а также влияние на семена хелатных препаратов. Хелатон Экстра и Хелат Zn влияли на увеличение калия,

магния, кальция, кремния, меди и цинка в семенах. Отмечено, что фосфора, серы больше содержится в ядре, а кремния, калия, кальция, цинка, меди в оболочке.

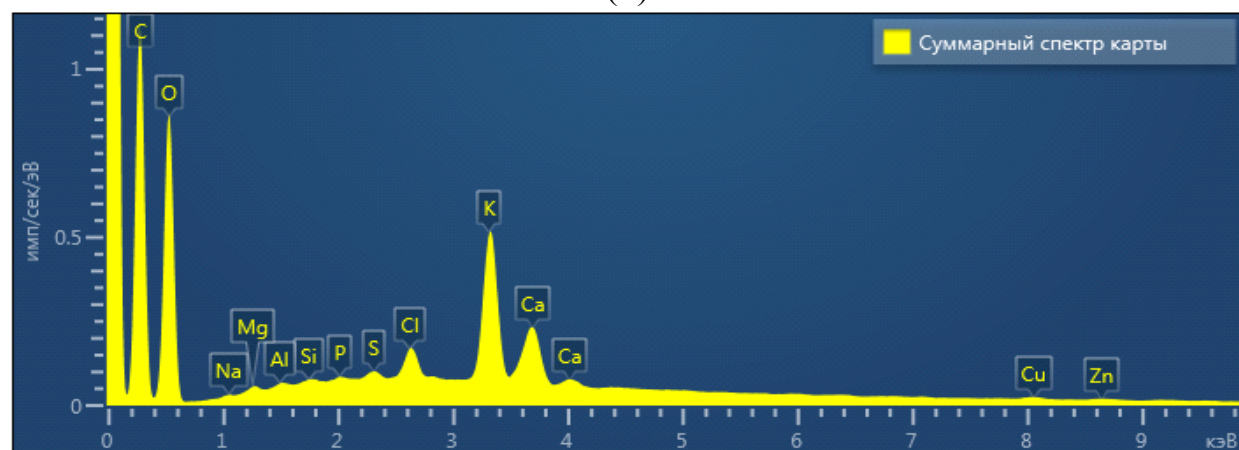
На спектрах распределения химических веществ в волокне льна – долгунца отчетливо видно высокое содержание кислорода (35 – 48 %) и



(а)



(б)



(в)

Рисунок 8 – Спектр распределение химических элементов в волокне льна– долгунца сорта Добрыня, (а) –контрольный вариант, (б) – вариант Хелатон Экстра, (в) – вариант Хелат Zn

углерода (50 -62 %), что характерно для него, так как волокно на 95 – 98 % состоит из органических веществ, в его составе основные компоненты – целлюлоза, лигнин, пектиновые вещества.

В предыдущих наших исследованиях было определено, что применение хелатных препаратов на льне способствовало увеличению его зольности. Увеличение зольности волокна льна, также подтверждает повышение общей суммы основных макро- и микроэлементов в вариантах с хелатными препаратами и уменьшением их в контроле на спектрах элементного состава.

Таким образом, на общем фоне повышение зольности волокна при применении хелатных препаратов на льне, было отмечено увеличение содержания калия, кальция, магния, кремния, обнаружены алюминий, медь и цинк.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Современные технологии выращивания сельскохозяйственных культур предполагают применение новых комплексных хелатных препаратов, которые способны в течение вегетационного периода удовлетворять растения необходимыми элементами питания – макро- и микроэлементами, что в итоге приводит к улучшению роста и развитие растений, увеличению их урожайности и повышению качества получаемой продукции. В наших исследованиях на льне – долгунце и льне масличном были испытаны новые хелатные препараты, которые в целом благоприятно влияли на них.

По выполненным исследованиям можно сделать следующие выводы:

1. Установлено, что у льна – долгунца высота растений на 3,6 – 7,5 см и техническая длина на 3,4 – 6,6 см достоверно увеличивалась в варианте с Хелатоном Экстра относительно контроля. На семенную продуктивность двух изученных сортов льна лучше влиял препарат Хелат Zn, в среднем увеличивая число коробочек на растении на 1 – 1,5 шт., массу 1000 семян на 0,5 – 0,7 г.;

2. Применение на льне масличном сорте Северный Хелатон Экстра повышало: среднюю высоту на 4 – 5,7 см, техническую длину растений на 5 – 7,8 см, число коробочек на 1 растении увеличивалось на 3 – 4,2 шт. масса 1000 семян на 0,7 – 0,9 г; Хелат Zn увеличивал: среднюю высоту растений на 3 – 3,2 см, техническую длину растений 3,8 – 5,5 см, число коробочек на 1 растении на 3 – 4,2 шт., масса 1000 семян на 1,7 – 1,8 г относительно контроля;

3. При обработке растений льна–долгунца препаратом Хелатон Экстра повышалась урожайность волокна на 1,5 – 2,4 ц/га, а Хелат Zn на 0,6 – 1,4 ц/га относительно контроля. На урожайность семян оказал большее влияние препарат Хелат Zn на 0,9 – 2,0 ц/га, Хелатон Экстра на 0,5 – 1,7 ц/га относительно контроля. Более отзывчивый сорт льна–долгунца на действие хелатных препаратов оказался Память Крепкова. У масличного льна препарат Хелатон Экстра лучше влиял на увеличение урожайности волокна на 0,7 – 1 ц/га, чем Хелат Zn на 0,2 – 0,5 ц/га. Большее повышение урожайности семян на 2,4 – 2,5 ц/га наблюдалось при использовании препарата Хелат Zn, чем при использовании Хелатон Экстра на 0,8 – 1,8 ц/га относительно контроля;

4. Хелатон Экстра достоверно увеличивал содержание целлюлозы на 4,8 – 9,1 %, а также снижал содержание лигнина на 0,9 – 1,7 % и пектиновых веществ до 1,1 % в волокне относительно контроля по двум изученным сортам льна-долгунца. У льна масличного сорта Северный относительно контроля происходит увеличение содержания в волокне целлюлозы на 3,3 - 6,7 % и уменьшение содержания лигнина на 0,7 - 1,6 %, пектиновых веществ на 0,4 – 1,3 % в среднем за три года исследований в вариантах с препаратами. Отмечено, что применение Хелатон Экстра на льне влияло больше на синтез целлюлозы (71,5 - 66,5 %) относительно варианта с Хелат Zn (68,8 - 64,2 %);

5. Хелат Zn повышал в семенах льна-долгунца содержание белков на 3,4 – 5,3 %, липидов на 6,4-7,7 %, Хелатон Экстра увеличивал на 0,8-2,0 %, на 2,3 – 4,1 %, соответственно, относительно контроля в среднем за три года исследований по двум изученным сортам. В семенах льна масличного в варианте Хелат Zn повышалось содержание: белков на 4,5 – 5,2 %, липидов на 4,8 – 5,3 %, а с Хелатон Экстра на 0,6 -1,6 %, на 1,1 – 1,4 %, соответственно, относительно контроля. В льняном масле, полученном из семян льна масличного, увеличивалась в вариантах с препаратами сумма ненасыщенных жирных кислот до 90,7 – 92 % относительно контроля 89,5 %, а также α -линоленовой кислоты повышалось в варианте с Хелат Zn до 62,2 % относительно контроля 55,5 %. В масле, полученном из семян льна – долгунца положительно влиял на увеличение суммы ненасыщенных жирных кислот и α -линоленовой кислоты препарат Хелат Zn;

6. Установлено различие в микроструктуре семян и волокна льна. Контрольные образцы семян имели различные дефекты оболочки, что не наблюдалось у семян в вариантах с препаратами. Микроструктура льняного волокна в вариантах с хелатными комплексами: однородная, гладкая, дефектов не наблюдалось;

7. Хелатон Экстра и Хелат Zn оказали влияние на увеличение калия, магния, кальция, кремния, меди и цинка в семенах. Отмечено, что фосфора, серы больше содержится в ядре, а кремния, калия, кальция, цинка, меди в оболочке семян. Применение препаратов влияло на увеличение зольности волокна, увеличивалось содержание калия, кальция, магния, кремния, отмечено наличие алюминия, меди и цинка.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК РФ

1. **Жарких, О.А.** Влияние хелатных препаратов на урожай льна-долгунца и качество льнопродукции / О.А. Жарких, И.И. Дмитревская, С.Л. Белопухов // Плодородие. –2021. –№4 (121). –С. 19-22.
2. **Жарких, О.А.** Применение новых хелатных препаратов на льне масличном / О.А. Жарких, И.И. Дмитревская, С.Л. Белопухов // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. –2021. – № 4. –С. 30-40.
3. **Жарких, О.А.** Современные хелатные препараты при возделывании льна – долгунца и льна масличного/ Н.В. Цирульникова, Т.С. Фетисова, Т.С. Чайка, Д.А. Макаренков, И.И. Дмитревская, О.А. Жарких, С.Л. Белопухов // Агрехимический вестник. –2022. –№1. –С.45-50.

Публикации в рецензируемых научных изданиях

4. **Жарких, О.А.** Микроскопия волокон растительного и животного происхождения и оценка их качества / О.А. Жарких, И.И. Дмитревская // В сборнике международной научной конференции молодых учёных и специалистов, посвящённой 150-летию А.В. Леонтовича. –Москва, 2019. –С. 111-114.
5. **Жарких, О.А.** О применении метода электронной сканирующей микроскопии для определения качества волокна прядильных культур / О.А. Жарких // В сборнике VI всероссийской молодежной научно-практической конференции «Студенчество России: век XXI». – Орел, 2019. –С. 88-92.
6. **Жарких, О.А.** Применение новых хелатных препаратов на льне-долгунце и льне масличном / О.А. Жарких, И.И. Дмитревская // В сборнике I Всероссийской (национальной) конференции «Рациональное использование природных ресурсов: теория, практика и региональные проблемы». – Омск, 2021. –С. 101-104.
7. **Жарких, О.А.** Влияние хелатных препаратов на урожайность и качество продукции льна масличного / О.А. Жарких, И.И. Дмитревская, Е.В. Калабашкина // В сборнике национальной научно-практической конференции с международным участием, посвященной 90-летию со дня рождения доктора сельскохозяйственных наук, профессора, Академика Международной академии аграрного образования, Почетного работника высшего профессионального образования РФ, Заслуженного деятеля науки и техники Ульяновской области Владимира Ивановича Морозова: «Биологическая интенсификация систем земледелия: опыт и перспективы освоения в современных условиях развития». –Ульяновск, 2021. –С. 125-129.
8. **Жарких, О.А.** Применение новых хелатных удобрений на льне-долгунце / О.А. Жарких, И.И. Дмитревская // В сборнике национальной научно-практической конференции с международным участием, посвященной 90-летию со дня рождения доктора сельскохозяйственных наук, профессора, Академика Международной академии аграрного образования, Почетного работника высшего профессионального образования РФ, Заслуженного деятеля науки и техники Ульяновской области Владимира Ивановича Морозова:

«Биологическая интенсификация систем земледелия: опыт и перспективы освоения в современных условиях развития». –Ульяновск, 2021. –С. 130-134.

9. **Жарких, О.А.** Хелат - препараты и их влияние на урожайность и качество продукции льна масличного / О.А. Жарких, И.И. Дмитревская // В сборнике международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию ФГБОУ ВО Чувашский ГАУ «Научно-образовательная среда как основа развития интеллектуального потенциала сельского хозяйства регионов России». –Чебоксары, 2021. –С. 49-50.

10. **Жарких, О.А.** Применение хелатных комплексов при выращивании льна-долгунца / О.А. Жарких //В сборнике XIV международной научно-практической конференции молодых ученых «Инновационные тенденции развития российской науки». –Красноярск, 2021. –С. 79-81.

11. **Жарких, О.А.** Экологические аспекты контроля качества агрохимикатов перспективным методом / О.А. Жарких //В сборнике международной научно-практической конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Проблемы интенсивного развития животноводства и их решение». –Брянск, 2021. –С. 16-19.

Свидетельства о регистрации базы данных

1. Свидетельство о регистрации базы данных № 2021620153 Химический состав и показатели безопасности семян льна / Белопухов С.Л., Дмитревская И.И., Байбеков Р.Ф., Жарких О.А., Тихонова М.В., Бузылев А.В. / Бюл. 2, 30 Мб, 2021.

2. Свидетельство о регистрации базы данных № 2021621161 Показатели качества и безопасности волокна льна-долгунца / Трухачев В. И., Белопухов С. Л., Дмитревская И.И., Байбеков Р. Ф., Жарких О. А. / Бюл. 6, 7,31 Мб, 2021.