

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР
«ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ СОИ»
(ФГБНУ ФНЦ ВНИИ сои)

На правах рукописи

Михайлова Мария Павловна

**ПОВЫШЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ СОРТОВ СОИ К ВОЗДЕЙ-
СТВИЮ НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ ФАКТОРОВ ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗО-
ВАНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ В УСЛОВИЯХ
ПРИАМУРЬЯ**

Специальность 1.5.15 – экология (биологические науки)

Диссертация

на соискание ученой степени кандидата биологических
наук

Научный руководитель:

академик РАН,
доктор сельскохозяйственных наук,
профессор,
заслуженный деятель науки РФ
Синеговская В.Т.

Петропавловск-Камчатский 2021

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
Глава 1. ПОВЫШЕНИЕ АДАПТИВНОГО ПОТЕНЦИАЛА РАСТЕНИЙ В РАЗЛИЧНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)	9
1.1 Влияние стресса на жизнедеятельность и продуктивность растений	9
1.2 Роль пероксидазы в защитном механизме растений при воздействии неблагоприятных факторов	12
1.3 Повышение адаптивного потенциала растений при использовании биологически активных веществ	16
1.4 Влияние гербицидов на рост, развитие и урожайность культурных растений	19
1.5 Снижение гербицидного стресса сои при использовании природных препаратов, содержащих биологически активные вещества	26
Глава 2. ОБЪЕКТЫ, УСЛОВИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ	30
2.1 Почвенно-климатические условия Амурской области	30
2.2 Объекты и условия проведения исследований	35
2.3 Методы исследований	40
2.3.1 Методы исследований в полевых опытах	40
2.3.2 Методы исследований в лабораторных опытах	42
Глава 3. ВЛИЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ НА СНИЖЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ГЕРБИЦИДОВ НА ОСНОВЕ ОЦЕНКИ ПЕРОКСИДАЗНОЙ АКТИВНОСТИ	45
3.1 Пероксидазная активность проростков сои при воздействии гербицидов различных концентраций	46
3.2 Пероксидазная активность проростков сои при воздействии биологически активных веществ	48
3.3 Влияние гербицида Фронтьер и биологически активных веществ на пероксидазную активность проростков сои	50
Глава 4. АДАПТАЦИЯ РАСТЕНИЙ СОИ К ВОЗДЕЙСТВИЮ ГЕРБИЦИДОВ ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УСЛОВИЙ ВЫРАЩИВАНИЯ	53
4.1 Адаптация растений сои сорта МК 100 к воздействию гербицида Пульсар при применении биологически активных веществ	60
4.1.1 Оценка влияния биологически активных веществ на физиологические процессы растений сои с использованием БПЛА марки и многоспектральной камеры	60
4.1.2 Влияние гербицида Пульсар на пероксидазную активность в листьях растений сои сорта МК 100	63
4.1.3 Рост и развитие растений сои под воздействием биологически ак-	68

тивных веществ и Пульсара	
4.1.4 Биохимический состав сои сорта МК 100 при влиянии биологически активных веществ и гербицида	72
4.1.5 Посевные качества семян после обработки биологически активными веществами и гербицидом	76
4.2 Влияние биологически активных веществ и гербицида Пульсар на проростки и растения сои сорта Китросса	79
4.2.1 Влияние биологически активных веществ на пероксидазную активность и первоначальный рост проростков сои	67
4.2.2 Влияние гербицида Пульсар на пероксидазную активность в листьях растений сои сорта Китросса	80
4.2.3 Последствие обработки растений БАВ и гербицида Пульсар на посевные качества семян сои	82
4.2.4 Влияние биологически активных веществ на формирование элементов структуры урожая и урожайность сои сорта Китросса	87
4.2.5 Биохимический состав семян сои после обработки растений БАВ и гербицида Пульсар	88
Глава 5. ПОСЛЕДЕЙСТВИЕ ДЕСИКАНТОВ НА ФЕРМЕНТАТИВНУЮ АКТИВНОСТЬ, ПОСЕВНЫЕ КАЧЕСТВА И УРОЖАЙНЫЕ СВОЙСТВА СЕМЯН СОИ СОРТА НЕГА 1	91
5.1 Ферментативная активность в семенах сои	91
5.2 Посевные качества семян сои	94
5.3 Биохимический состав семян	97
5.4 Урожайные свойства семян сои сорта Нега 1	100
ГЛАВА 6. ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ПРОВЕРКА И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ И ГЕРБИЦИДОВ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ СОИ	104
ВЫВОДЫ	102
ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ	104
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	105
ПРИЛОЖЕНИЯ	126

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. В естественных условиях произрастания растения постоянно оказываются под действием абиотических и биотических факторов среды, к которым относятся: переувлажнение почвы, засуха, засоление, высокие и низкие температуры, патогенные микроорганизмы и другие. Стрессовое воздействие на растения могут оказывать и антропогенные факторы. Соя не конкурентоспособна против сорняков, поэтому для борьбы с ними в производстве широко используются высокоэффективных гербициды. Многие исследователи установили отрицательное воздействие гербицидов на выращиваемую культуру, вызывая у нее стресс (Wang M.E. et al. 2006; Коровова, Шинделов, 2012; Fabiano André Petter et al., 2013; Лукаткин и др., 2016; Мороховец и др., 2017; Islam F. et al., 2017; Зарипов и др., 2018; Синеговская, Душко, 2019;). Проявление гербицидного стресса сопровождается замедлением метаболических процессов, изменениями в обмене веществ и дополнительными затратами энергии на преодоление негативных факторов внешней среды в ущерб формированию урожая. Все стрессовые воздействия сопровождаются образованием активных форм кислорода (АФК) и нарушением физиолого-биохимических процессов. Для противодействия негативному влиянию растения используют собственные механизмы устойчивости. В детоксикации АФК важную роль играет фермент пероксидаза, который занимает особое место в повышении устойчивости растений к неблагоприятным факторам и является универсальным индикатором стрессового состояния растений (Андреева, 1988; Рогожин, 2004; Иваченко, 2012). Если антиоксидантная система растительной клетки не справляется с её защитой от действия стресса, то необходимо использовать биологически активные вещества (БАВ), способные экзогенно влиять на адаптивный потенциал растений, сохраняя высокий уровень семенной продуктивности. Они являются эффективными дополняющими приемами в интенсивных технологиях возделывания культуры. Наибольший интерес в этой области представляют экологически безопасные препараты природного происхождения, к которым относятся экс-

трактивные вещества лиственницы (*Larix gmelinii*) и коры березы (*Betula*). Препараты на основе лиственницы обладают широким спектром физиологической активности, являются высокоэффективными антидотами, повышают устойчивость растений к токсическому воздействию гербицидов. Бетулин обладает ярко выраженными антиоксидантными свойствами, что положительно влияет на первоначальный рост семян сои. Обработка семян сои биологически активными веществами позволяет повысить устойчивость проростков к неблагоприятным факторам среды на начальном этапе роста и развития растений, а также к воздействию антропогенных факторов в период возделывания культуры, что может обеспечить увеличение урожайности и повышение качества семян. В этой связи требуется проведение исследований, направленных на поиск новых биологических препаратов для сои, обеспечивающих экологическую безопасность и устойчивость растений к неблагоприятным условиям и повышающих их продуктивность.

Цель исследований. Определить устойчивость сортов сои к неблагоприятным условиям среды и антропогенным факторам на основе изучения пероксидазной активности, продуктивности растений, биохимического состава и посевных качеств семян.

Задачи исследований:

1. Изучить влияние биологически активных веществ на удельную активность фермента пероксидазы, как маркера устойчивости к неблагоприятным факторам, в проростках сои, обеспечивающих повышение всхожести и энергии прорастания семян.

2. Установить роль биопрепаратов, выделенных из лиственницы (Био-Ларикс, ЭкстраКор) и коры березы (Бетулин) в адаптации растений сои к воздействию неблагоприятных факторов среды и использования гербицидов для обработки семян и вегетирующих растений, с использованием пероксидазы в качестве маркера.

3. Разработать приемы использования биологически активных веществ, обеспечивающих снижение отрицательного воздействия неблагоприятных факторов среды и гербицидов на растения сои при их совместном внесении.

4. Выявить влияние десиканта Реглон Супер и гербицида Ураган Форте на пероксидазную активность, урожайность семян и его качество.

5. Провести производственную проверку использования биопрепарата ЭкстраКор для обработки семян и вегетирующих растений.

Научная новизна исследований. Впервые в условиях Амурской области изучено влияние биологически активных веществ из лиственницы (*Lárix gmélinii*) и коры березы (*Betula*) на пероксидазную активность в семенах и растениях новых сортов сои. Выявлена устойчивость растений к неблагоприятным факторам среды и гербицидам, действию десикантов на основе определения пероксидазной активности. Определена урожайность и качество семян сортов сои в зависимости от условий выращивания. Выявлена роль биологически активных веществ в повышении устойчивости растений сои к воздействию гербицидов при обработке семян и вегетирующих растений с использованием удельной активности фермента пероксидазы в качестве маркера.

Практическая значимость. На основании проведенных исследований разработаны приемы использования биологически активных веществ, позволяющие усовершенствовать элементы технологии возделывания среднеспелых сортов сои в условиях Амурской области, направленные на повышение адаптации сортов сои к отрицательному воздействию гербицидов и условий среды на растения сои, обеспечивающие увеличение урожайности на 0,6 т/га и повышение качества семян.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Фермент пероксидаза является маркером для определения адаптации сортов сои к воздействию неблагоприятных факторов среды и гербицидов;

2. Биологически активные вещества участвуют в защитном механизме сои от окислительного стресса, вызванного воздействием гербицидов;

3. Приемы использования биологически активных веществ обеспечивают снижение отрицательного воздействия неблагоприятных факторов среды, гербицидов и десикантов на растения сои при их совместном внесении.

Апробация работы и публикация результатов исследований. Материалы диссертации доложены на: II Амурском региональном инновационном конвенте (г. Благовещенск, 2014 г.); Международном конкурсе научных работ «Рациональное природопользование» (г. Владивосток, 2014 г.); на координационном совещании зоны ДВ и Сибири «Итоги координации НИР по сое за 2011-2014 гг.» (г. Благовещенск, 2015 г.); Международной научно-практической конференции, посвященной 105-летию со дня рождения селекционера, заслуженного агронома РФ, ветерана труда Т.П. Рязанцевой (г. Благовещенск, 2017 г.); Международной научно-практической конференции, посвященной 50-летию образования Всероссийского НИИ сои (г. Благовещенск, 2018 г.); IV Международной научно-практической конференции «Инновационные технологии в области генетики, селекции, семеноводства и размножения растений» (г. Ялта, 2018 г.); III Международная конференция "AGRITECH-III – 2020: Агробизнес, экологический инжиниринг и биотехнологии" (International Conference on Agribusiness, Environmental Engineering and Biotechnologies – AGRITECH – 2020), online-доклад (г. Красноярск, 2020 г.).

Публикации. По материалам диссертации опубликованы 24 научные работы, в том числе 1 – индексируемая в международной базе данных Web of Science и Scopus, 8 работ в рецензируемых научных журналах, входящих в список ВАК, 1 методическое пособие, 1 – в зарубежном издании, 13 статей в сборниках по материалам международных, всероссийских и межрегиональных конференций.

Личный вклад соискателя. Результаты исследований получены автором лично и совместно с сотрудниками лаборатории первичного семеноводства и семеноведения ФГБНУ ФНЦ «Всероссийский научно-исследовательский институт сои». Личное участие автора в проведении экс-

периментов составляет 90 %. Закладка полевых и лабораторных опытов, учеты и наблюдения, анализ и обобщение результатов исследований проведены автором лично. Полученные данные подвергнуты математическому анализу и теоретическому обоснованию. Доля личного участия в публикациях, выполненных в соавторстве, пропорциональна числу соавторов.

Структура и объем диссертации. Диссертация изложена на 147 страницах машинописного текста, содержит 28 таблиц, 18 рисунков. Диссертация состоит из введения, обзора литературы, 6 глав, содержащих изложение и обсуждение полученных экспериментальных данных, выводов, списка литературы, приложений.

Диссертационная работа выполнена на основе экспериментальных исследований в соответствии с планом НИР ФГБНУ ФНЦ «Всероссийского научно-исследовательского института сои» по теме № 0820-2014-0009 «Разработать агробиологические принципы улучшения посевных и урожайных свойств семян новых сортов сои», регистрационный № НИОКТР АААА-А16-116030210032-3; тема № 0820-2019-0006 «Разработать научно обоснованные технологии производства и переработки сои на основе изучения новых сортов, их посевных и технологических качеств, с использованием агробиологических принципов и инновационных приемов», № Госрегистрации АААА-А19-119060590056-6. Полевые опыты проводили на опытном поле лаборатории первичного семеноводства и семеноведения ФГБНУ ФНЦ ВНИИ сои в с. Садовое Тамбовского района Амурской области.

Благодарности. Автор выражает искреннюю благодарность научному руководителю, д.с.-х.н., профессору, академику РАН, заслуженному деятелю науки РФ Синеговской В.Т. за руководство и помощь в выполнении исследований, подготовке и написании диссертационной работы; д.б.н. Иваченко Л.Е., к. с.-х. н. Каманиной Л.А. за помощь и консультации при проведении экспериментальной части работы; директору ФГБНУ ФНЦ ВНИИ сои к.э.н. Синеговскому М.О. за содействие и помощь при проведении экономической оценки приёмов возделывания сортов сои.

Глава 1. ПОВЫШЕНИЕ АДАПТИВНОГО ПОТЕНЦИАЛА РАСТЕНИЙ В РАЗЛИЧНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

1.1 Влияние стресса на жизнедеятельность и продуктивность растений

Понятие «стресс» в физиологии растений используется недавно – со второй половины XX в., но за короткое время оно успело стать одним из ключевых. Растительный организм легко подвержен для факторов различной модальности, выступающих в роли стрессоров. В условиях негомогенной среды обитания подавляющее большинство растительных организмов практически вынуждены воспринимать влияние самых различных стрессоров, полагаясь исключительно на свои внутренние защитные ресурсы, которые порой весьма ограничены (Wang J. et al, 2018; Чудинова, Орлова, 2006). Все живые организмы способны защищаться от неблагоприятных воздействий внешней среды. Но растениям, ввиду относительной неподвижности, приходится включать активные механизмы саморегуляции, в результате чего происходят глубокие изменения в метаболизме без нарушения согласованности между отдельными функциями, которые позволяют сохранять постоянство параметров физиологических процессов (гомеостаз).

К наиболее распространённым факторам, способных вызвать у сельскохозяйственных растений стресс, и, тем самым, снизить их продуктивность относятся: экстремальные температуры (как низкие, так и высокие), недостаток влаги (засуха) или переувлажнение почвы, высокая засоленность почвы, влияние фитопатогенов (микроорганизмов и грибов), низкая или чрезмерная освещённость, ультрафиолетовая радиация, воздействие ионов тяжёлых металлов, пестицидов и пр. (Балнокин, 2005; Pareek et al., 2020).

Анализируя литературные данные, Жученко А.А. (2008) пришел к выводу, что под воздействием экстремальных факторов внешней среды в клетке нарушаются стационарность протекания обменных процессов и гормональ-

ный баланс; меняется морфологическая картина ядра, хлоропластов и других субклеточных структур, приводящие к истощению и, в конечном итоге, гибели клетки. Даже кратковременное стрессовое воздействие приводит к нарушению гормонального статуса растений, что, как правило, снижает продуктивность их фотосинтеза и интенсивность роста и развития.

Температуру, влажность и свет обычно считают ведущими и первично действующими факторами, как по степени влияния на рост и развитие растений, так и по их изменчивости. Поиск механизмов адаптации различных растений к температурному стрессу занималось большое количество исследователей. Так, некоторые ученые обнаружили значительное разнообразие процессов адаптации организмов к действию пониженных температур, таких как: повышение степени ненасыщенности жирных кислот клеточных мембран, синтез веществ с криопротекторными свойствами: гидрофильных белков, моно- и олигосахаров, способных связать свободную воду в клетках, тем самым препятствуя образованию льда в них (Кошкин, 2010). Также установлено, что одним из первоначальных откликов растения на снижение температуры окружающей среды является увеличение содержания полиненасыщенных жирных кислот (Lunch, Thompson, 1984).

Исследованиями, проведенными Т.П. Хайрулиной и др. (2012) установлено, что действие повышенных и пониженных положительных температур на биометрические показатели G_{max} и G_{soja} отрицательно сказывается на всех биометрических показателях растений сои, особенно при их длительном воздействии. Наибольшее стрессовое воздействие на растения культурной сои оказал холодовой стресс в течение 48 часов. В фазе цветения высота растений сои уменьшилась на 28 %, а в фазе бобообразования – на 40 %. В обоих вариантах опыта число бобов и семян на одном растении снизилось на 37 % по сравнению с контролем.

Чрезмерное содержание солей в почве является одним из основательных и неизменно действующих отрицательных факторов, которое приводит к подавлению роста и, как следствие, снижению урожайности большинства

сельскохозяйственных культур (Кошкин, 2010; Boyer, 1982; Horie, Lee, 2004). Засоление почвы связано с переизбытком содержания натрия, кальция, магния, хлоридов, карбонатов, сульфатов, повышенные концентрации которых приводят к повреждению мембран и целостность ряда компартментов. Повреждения проявляются в увеличении проницаемости мембран и потере способности к избирательному накапливанию некоторых ионов и молекул с водой, необходимой для поддержания тургора. Процессы фосфорилирования и карбоксилирования также не менее чувствительны к высоким концентрациям солей. В результате наличия в почве повышенных концентраций ионов натрия и хлора ингибирует процесс фотосинтеза, нарушает структурную организацию пластид, а также процессы дыхания митохондрий (El-Banna Y., Attia T., 1999; Yang A.F., Duan A.G., Gu X.F. et al., 2005). Таким образом, засоление влияет на целый ряд жизненно важных процессов: рост и развитие растений, дефицит минеральных веществ и токсичности ионов, а также нарушает физиологические и биохимические процессы метаболизма растений (Munns R., Tester M., 2008).

В условиях водного стресса наблюдается существенное выделение этилена. Так, в листьях растений пшеницы при снижении содержания воды на 9 % возрастает образование этилена в 30 раз в течение 4 ч. Установлено, что водный стресс приводит к росту активности синтетазы 1-аминоциклопропанкарбоновой кислоты, которая катализирует основную реакцию биосинтеза этилена. Выделение этилена возвращается к норме при улучшении водного режима. У большинства растений при влиянии засухи, как воздушной, так и почвенной, обнаружено также накопление ингибиторов роста фенольной природы: фенолкарбоновых и хлорогеновой кислот, флавоноидов (Чудинова, 2006).

Устойчивость растений к стрессовым факторам среды также зависит и от фазы онтогенеза. Растения, находящиеся в покоящемся состоянии (семена, луковицы и т.д.) наиболее устойчивы к внешнему воздействию. Установлено, что в начальной фазе онтогенеза, в период появления всходов растения более

чувствительны, поскольку в условиях стресса в первую очередь повреждаются те звенья метаболизма, которые непосредственно связаны с активным ростом. Затем по мере роста и развития устойчивость растений к стрессовым воздействиям постепенно увеличивается вплоть до созревания семян. Кроме того период формирования гамет также является критическим, так как растения в это время высокочувствительны к стрессу, реагируют на действие стрессоров снижением продуктивности (Чудинова, Орлова, 2006).

Известно, что адаптивная стратегия растений реализуется через комплекс морфофизиологических и биохимических реакций (Gong, 2008). Одним из первых ответов растения на действие неблагоприятных факторов среды является реакция сверхчувствительности, связанная в первую очередь с окислительным стрессом и образованием активных форм кислорода (АФК), которые при участии антиоксидантных ферментов – пероксидазы и полифенолоксидазы включаются в системы, активизирующие синтез фитоалексинов (Ильинская и др., 1991; Чалова и др., 1985).

Лубянов А.А. и др. (2011) полагают, что разнообразные абиотические стрессы порождают сверхпродукцию активных форм кислорода в растениях, которые являются высокореактивными и токсичными, приводящие к окислительному стрессу. Таким образом, вовлечение активных форм кислорода в различные метаболические процессы в растительных клетках может иметь общее значение при всевозможных видах стресса.

По мнению Колупаева Ю.Е. (2016) проявлением окислительного стресса у растений является избыточное образование таких АФК, как пероксид водорода, супероксид и гидроксильные радикалы. Образование пероксида водорода является неотъемлемой частью при водном дефиците, действии патогенов, загрязнении почв тяжелыми металлами, агрохимикатов и других стрессовых факторов. Под действием окислительного стресса повреждаются практически все компоненты клетки (Гончарук, 2017; Синеговская и др., 2019).

Исследованиями А.Н. Ершовой и др. (2011) установлено, что образование АФК и активность ферментов антиоксидантного комплекса растительной клетки (каталазы, пероксидазы, аскорбатпероксидазы) у растений гороха (*Pisum sativum* L.) и сои (*Glycine max* L.) при гипоксии в течение от 3 до 24 ч и большом содержании CO_2 в среде процессы образования супероксидного анионрадикала, гидропероксидов и, в большей степени перекиси водорода значительно усиливались. У сои как наиболее устойчивого растения это было менее проявлено. Выявлено увеличение активности фермента липоксигеназы в клетках растений в начале гипоксического стресса, что предположительно указывает на участие данного фермента в процессах накопления гидропероксидов в тканях растений при нехватке кислорода.

Роль АФК в нормальном метаболизме клеток велика. Однако действие различных стрессоров может приводить к избытку АФК, превышающему возможности системы гашения с помощью антиоксидантов, что обуславливает необходимость добавочной защиты (Кошкин, 2010). В этом случае на помощь могут прийти антиоксиданты природного происхождения извне.

1.2 Роль пероксидазы в защитном механизме сои от воздействия гербицидов на культурные растения

В клетках растений протекает непрерывный процесс образования активных форм кислорода и их взаимодействие с антиоксидантами различной природы. Окислительно-восстановительный потенциал определяется наличием восстановленных и окисленных соединений в соответствующих соотношениях (Полесская, 2007; Колупаев, 2016;). Его отклонение от гомеостатического значения может выполнять роль как клеточного сигнала, так и фактора, приводящего к окислительным повреждениям биомакромолекул и деструктивным клеточным процессам, называемым окислительным стрессом. При окислительном стрессе происходит нарушение пространственно-временного баланса между генерацией и удалением АФК (Suzuki, Mitler,

2006). Данный баланс жестко регулируется значительным многообразием генов (Pucciariello et al., 2012).

В последние десятилетия представления о природе антиоксидантов и их физиологической активности существенно расширились. В настоящий момент под системой антиоксидантной защиты подразумевают не только те компоненты, которые обеспечивают элиминацию АФК и предотвращают их появление, но и системы детоксикации, принимающие активное участие в устранении соединений, поврежденных при взаимодействии с АФК (Креславский В.Д., 2012).

Повышение активности антиоксидантных ферментов к различному виду стрессового воздействия показано в работах как отечественных, так и зарубежных исследователей (Sairam, Deshmukh, Saxena, 1998; Aghaei, Ehsanpour, Komatsu, 2009; Simova-Stoilova, Vaseva, Grigorova, et al., 2010; Иваченко, 2012).

Антиоксидантная система включает в себя широкий спектр соединений как белковой природы, так и низкомолекулярных соединений. К ферментативным антиоксидантам относится пероксидаза, которая наряду с антиоксидантной функцией принимает непосредственное участие во многих других реакциях (Tognolli et al., 2003).

Самое первое сообщение о пероксидазе появилось в 1855 г., после того как Шенбейн провел окисление ряда органических соединений разбавленными растворами перекиси в присутствии растительных и животных экстрактов. Название «пероксидаза» дал Линозье ферменту, выделенному им из гноя лизированных лейкоцитов и катализирующему окисление разных соединений за счет перекисного кислорода. Линозье первым указал на различия между «оксидазами» и «пероксидазами». В 1903 г. А.Н. Бахом и его сотрудниками была выделена пероксидаза, относительно свободная от других ферментов, чем было окончательно опровергнуто господствовавшее долгое время мнение о тождественности пероксидазы и каталазы (Андреева В.А., 1988; Газарян, 2006).

А. Н. Бах и Р. Шода для оценки активности растительной пероксидазы применили окисление пирогаллола до окрашенного пурпурогаллина. С годами интерес к ферменту пероксидазе не ослабевал, с 1930 г. до 1950 г. основное внимание большинства исследователей было приковано к таким белкам, как пероксидаза, каталаза, гемоглобин.

В 1980-е годы на кафедре химической энзимологии МГУ, возглавляемой членом корреспондентом АН СССР И.В. Березиным, успешно велось изучение каталитических свойств пероксидазы, выделенной из растений хрена.

Пероксидаза является двухкомпонентным ферментом, представляющий собой соединение активной группы, которая вступает в химическое взаимодействие с субстратами и коллоидального белкового «носителя», усиливающего каталитическое воздействие данной группы. Это глобулярный белок, имеющий диаметр 50 \AA , который содержит около 43% L- спиральных участков в составе белковой части молекулы (Андреева, 1988).

Пероксидаза катализирует многочисленное количество реакций, проходящих во всех типах тканей. Присутствие фермента в хлоропластах говорит о его участии в окислительно-восстановительных реакциях, а обнаружение её в митохондриях – на участие в энергетическом обмене клетки. Выявлены специфические закономерности изменений типов и механизмов активации пероксидазы на ранних этапах (3-, 5- и 7-й день) роста льна (Лапина, 1999).

Адаптация растительных организмов к воздействию негативных факторов среды – сложный процесс, протекающий на всех уровнях структурной организации организма и затрагивающий практически все функции растения. В исследованиях Иваченко Л.Е. (2011) установлено, что к тест-системам биохимической природы, пригодным для оценки влияния окружающей среды относятся, прежде всего, ферменты, как универсальные катализаторы и регуляторы обменных процессов в живой природе. Именно с регуляции метаболических процессов формируются первичные адаптивные реакции орга-

низма. Поэтому обнаружение маркерных ферментов важно для ускоренного и глубокого изучения процессов биохимической адаптации, а также для решения селекционных задач. В настоящее время процесс формирования устойчивости растений к воздействию окислительного стресса изучен недостаточно полно. Поэтому подробное изучение физиологических процессов именно на биохимическом уровне представляет немаловажный интерес со стороны многих исследователей для оценки адаптации растений к воздействию стрессоров.

Известно, что пероксидаза является индуцибельным ферментом, которая реагирует на самые разнообразные воздействия, при этом изменения происходят в наборе ее изоэнзимов, или в повышении активности уже присутствующих молекулярных форм (Андреева, 1988).

Данный фермент связан с целым рядом метаболических превращений, происходящих в клетке (Андреева, 1988, Рогожин, Верхотуров, 2004). Возможно, этим фактом объясняется существование высокого числа всевозможных молекулярных форм этого фермента, которые отвечают за самонастройку метаболизма в ходе онтогенеза и играют немалую роль для растений в обеспечении быстрой приспособленности к постоянно меняющимся внешним условиям среды (Иваченко, 2012).

Кроме того, пероксидаза – отзывчивый фермент, который принимает участие в защитном механизме от отрицательного воздействия среды. Активность её изменяется в зависимости от вида стрессового воздействия, концентрации, а также его длительности. Так, исследованиями, проведенными в Амурской области, установлено, что ферментативная активность в онтогенезе растений сои в большей степени зависит от сортовой специфики, метеоусловий, высокого содержания тяжелых металлов в почве (Иваченко, Семёнова, Кузнецова, 2012).

Анализ литературных источников показал, что механизм адаптации ферментных систем в растении сои изучен недостаточно. Поэтому необходимо изучение механизмов, обеспечивающих приспособление растительных

организмов к неблагоприятным условиям среды на уровне ферментных систем.

1.3 Повышение адаптивного потенциала растений при использовании биологически активных веществ

Изменение климатических условий на земном шаре отрицательно влияет на сельскохозяйственное производство и его продуктивность во всем мире. В связи с необходимостью обеспечения продуктами питания увеличивающегося населения Земли, все более острым становится вопрос повышения продуктивности растений. Один из возможных путей достижения этой цели состоит в научно-обоснованном подходе максимальной реализации потенциальных возможностей регуляторов роста. Открытие, изучение и использование препаратов, способных регулировать рост растений, обладающих физиологической активностью – большое достижение в области физиологии и генетики растений (Лукаткин, 2016; Мухина, 2017; Wang J. et al., 2018).

В зарубежных странах применение регуляторов роста растений является неотъемлемым агротехническим приемом, которое направлено на решение определенных задач, поставленных перед сельхозтоваропроизводителями – получение заданного качества и количества растениеводческой продукции. В общей сложности регуляторами роста растений обрабатывается от 50 до 80% посевов сельскохозяйственных культур (Шаповал, Можарова, Коршунов, Вакуленко, 2012).

В сельскохозяйственном производстве регуляторы роста растений служат для изменения выраженности свойств растений в течение всего онтогенеза, увеличения устойчивости растений к воздействию стрессовых факторов среды, торможения или ускорения их роста и развития, равномерного созревания урожая, улучшения его посевных и товарных качеств (Кефели 1985; Bruinsma, Y.1985; Романова, Маслов, 2006; Первушина, 2017).

В современном мире ведение высокотехнологичного и прогрессивного сельскохозяйственного производства невозможно обойтись без предельно

рационального применения ресурсов. Возделывание большинства сельскохозяйственных растений требует внесения и применения большого количества разнообразных веществ, таких как регуляторы роста растений и гербицидов (Жуков, 1991; Трусевич, 2000; Яблонская, 2012; Шаповал, 2015; Лукаткин, 2016).

Растения – сложные биологические системы, которые в течение всего своего развития находятся в постоянной информационной связи с окружающей средой. Данные процессы контролируются генетическим аппаратом клеток, который регулирует работу гормональной и иммунной систем, приводящих к разнообразным изменениям в их росте и развитии. Сигнальные системы клеток выступают средством передачи информационных сигналов в растениях. В последнее десятилетие в результате научных исследований, в которых значительную роль сыграли исследования и отечественных ученых (Гречкин, Тарчевский, 2000; Тютюрев, 2000; Дьяков, Метлицкий, Озерецковская, Ильинская, 2000; Васюкова и др., 2010), возникла возможность управлять процессами жизнедеятельности растений с помощью сигнальных веществ или элиситоров (Рябчинская, 2016). Применение экзогенных регуляторов роста, обладающих антистрессовым эффектом, крайне актуально для повышения устойчивости и продуктивности культурных растений, так как растительные организмы в естественных условиях произрастания постоянно подвергаются воздействию различных неблагоприятных факторов среды. Реализация механизмов, лежащих в основе адаптации растений к стрессовым условиям, требует больших энергетических затрат.

Механизмы стимуляции иммунных реакций растений заключаются в экспрессии генов, которые запускают ряд последовательных биохимических реакций, приводящих к образованию естественных веществ абиотического действия – фитоалексинам и активации гормональных и ферментных систем. Данные вещества осуществляют перестройку клеточных структур, которые в конечном результате приводят к модификации физиологического состояния растений и в целом их иммунного статуса (Рябушкина, 2005; Титов и др.,

2009). Таким образом, при обработке растений индукторами иммунитета в них происходят глубокие изменения на генном, биохимическом и физиологическом уровнях (Озерцековская и др., 1996).

Элиситорами служат различные вещества, как биологического так и химического происхождения. Они вызывают разнообразные реакции в растениях при влиянии в очень низких концентрациях, близких к нанограммовым измерениям. При значительных дозировках растения блокируют свои сигнальные системы, таким образом, защищая себя от перевозбуждения и приводящих к разрушению воздействий. По принципу сигнальных регуляторов действуют многие препараты группы регуляторов роста растений: Крезацин, Альбит, Рибав-Экстра, Иммуноцитифит, Нарцисс, Рифтал, Циркон и др. (Барчукова, 2004; Мохамед Салех Мохамед и др., 2009). В биопрепаратах на основе бактерий, также существенную роль играют элиситоры, которые содержатся в бактериальных клетках. Также сигнальные вещества входят в состав многих комплексных органических удобрений.

В технологиях возделывания сельскохозяйственных культур все более широкое использование приобретают регуляторы роста химической и биологической природы, которые увеличивают урожайность и устойчивость к негативным факторам внешней среды (Ракитин, 1983). Механизм физиологического действия многих из них еще недостаточно изучен, в частности имеется мало данных о влиянии на качество урожая, а имеющиеся сведения противоречивы (Барабаш, 2009; Косиков и др., 2019).

Применение химических регуляторов роста растений на практике позволяет приобрести сдвиги в обмене веществ аналогичные тем, которые возникают под влиянием разнообразных внешних воздействий (продолжительности дня, температуры и др.), ускорить образование генеративных органов, ускорить или затормозить рост и т.д. (Гамбург, 1979; Кефели, 1985).

По сравнению с химическими препаратами, биологические обладают более выраженной избирательностью действия; признаны безвредными для человека, животных, пчел, птиц и рыб. Помимо этого, биопрепараты стреми-

тельно разлагаются в почве, воде, под воздействием солнечных лучей и не вызывают привыкания к ним у насекомых и возбудителей болезней, в отличие от химических препаратов. Также обеспечивают снижение количества возбудителей болезней в почве и значительно увеличивают ее плодородие (Хохоева, 2015; Сырмолот, 2016 г.).

При попадании в организм биологически активные вещества включаются в обмен веществ или проявляют свое опосредованное воздействие, при этом, изменяя обмен веществ, оказывают влияние на уровень метаболизма растений и создают предпосылки для управления их продуктивностью (Калинин и др., 1973).

Адаптивные реакции растительных организмов проявляется в реализации генетического потенциала через продуктивность и ее составляющие – рост, развитие, формирование элементов продуктивности. Многочисленными исследованиями (Романова, Маслов, 2006; Авдеева, Молчанов, Безгина, 2012; Яблонская, Котляров, Федулов и др., 2012; Жирнова, Хижняк, Сат, 2015;) установлено, что предпосевная обработка семян биопрепаратами сельскохозяйственных культур позволяет стимулировать растение и, тем самым, повышать его адаптивный потенциал. В результате чего повышается урожайность зерна, и улучшаются показатели его качества. Исследованиями, проведенными G. Meallengni и E. Orsi (1985), а также В.В. Вакуленко (1998) и О.А. Шаповал (2005) установлено, что обработка семян озимой пшеницы амбиолом, гуматом натрия, крезацином и другими регуляторами роста повышает устойчивость растений озимой пшеницы к низким температурам и засухе.

В питании растений немалая роль принадлежит биологически активным веществам, которые содержатся в растениях в очень малых количествах, но их роль огромна. Использование природных регуляторов роста, содержащих биологически активные вещества, в сельскохозяйственном производстве приводит к повышению урожайности и качества получаемой продукции. Существует большое многообразие природных препаратов различного назначения, но их главная роль заключается в стимулировании ростовых,

биохимических и физиологических процессов в растениях. Кроме того, применение биологически активных веществ выгодно с экономической точки зрения, так как их биологическое действие проявляется при малых концентрациях (Сырмолот, 2013, 2014).

В результате проведения оценки влияния биологически активных препаратов: «Альбит», «Иммуноцитифит», «Новосил», «Циркон», включенные в список пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории России, а также экспериментальный микробиологический препарат «Экстрасол» и полифункциональный регулятор роста биологического происхождения «Лариксин» на иммунитет растений и урожайность сортов сои различных групп спелости на ранних этапах онтогенеза, установлено, что из шести препаратов, использованных в опытах, наибольшее влияние на повышение урожайности и создание оптимальной фитосанитарной ситуации в агроценозе тестируемых сортов оказали «Альбит», «Циркон» и «Экстрасол». Использование биопрепарата «Альбит» на сортах сои приморской селекции позволяет максимально реализовать генетический потенциал продуктивности и устойчивости растений сои к фитопатогенной грибной инфекции и неблагоприятным факторам внешней среды. В условиях Амурской области биопрепараты «Экстрасол» и «Лариксин» привели к снижению заболеваемости и пораженности корневой гнилью, а также оказали положительное влияние на полевую всхожесть и продуктивность растений сои (Лукиянчук, Хасбиуллина, 2016 г.; Ран, 2009).

Исследованиями Г.Г. Филипцовой, Т.С. Варакса, В.М. Юриным (2016) по влиянию синтетического пептида gmper914 на проростки сои выявлено, что данный синтетический пептид в концентрациях 10–10–10–12 моль/л оказывает элиситорное действие на проростки сои. Экзогенная обработка надземной части растений данным пептидом обуславливает увеличение через 24 ч содержания растворимых фенольных соединений в листьях сои и возрастание антиоксидантной активности их спиртовых экстрактов. Обработка проростков сои пептидом GmPer914 и его композициями с глутамино-

вой и янтарной кислотами оказывает защитное влияние на рост надземной части и корневой системы растений в условиях оксидативного стресса. Очевидно, что пептид GmPep914 индуцирует запуск сигнальных систем, приводящих к увеличению устойчивости растений к оксидативному стрессу.

В исследованиях Рябчинской Т.А., Бобрешовой И.Ю., Саранцевой Н.А. (2016) по разработке нового регулятора роста растений на основе сигнальных веществ природного происхождения Стимунол ЕФ показана эффективность его применения при возделывании различных сельскохозяйственных культур. Эффекты действия препарата Стимунол ЕФ, получаемого из биомассы компостного червя гибридной популяции, отмечаются уже на начальных этапах развития растений, что проявляется в увеличении всхожести семян зерновых культур, снижении пораженности их корневыми гнилями, увеличении длины и массы проростков, а также первичной корневой системы. Предпосевная обработка семян ячменя Стимунолом ЕФ 142 (10 мл/т) способствовала увеличению полевой всхожести на 6-8%. При предпосевной обработке семян сои Стимунолом ЕФ (25 мл/т) совместно с фунгицидом Скарлет энергия их прорастания увеличивалась на 13,5% по сравнению с обработкой одним фунгицидом. Защитное действие препарата выражается в активации в растениях естественных иммунных реакций по отношению к комплексу патогенов и отдельных вредных фитофагов. Развивается системный пролонгированный иммунитет, уровень которого возрастает и отмечается в течение 2-3 месяцев после проведения обработки. Если эффективность химических фунгицидов по окончании срока защитного действия снижается, то у элиситорных регуляторов роста она, как правило, возрастает и в итоге может приблизиться к эффективности фунгицида. Установлено, что чем раньше проводится обработка биостимулятором, тем сильнее выражены его защитные свойства.

Результаты исследований М.Г. Василенко, М.В. Драга, Ю.А. Зацаринная, И.Д. Бакай (2014) показали высокую эффективность обработки препаратов природного происхождения Эмистим, Экостим и Эндифит посевов пше-

ницы яровой сорта Коллективная 3. Использование данных препаратов существенно увеличивает показатели урожайности и качества зерна. Прирост урожая при обработке посевов пшеницы яровой препаратом ЭкоСтим составил 5,6-7,3 ц/га. Также возросло содержание белка на 0,9-1,4 %, клейковины – на 2,0-5,2 %, выход белка и клейковины увеличивался на 0,63-0,93 и 2,01-2,40 ц/га соответственно. Поэтому в настоящее время необходимо проводить работу по направленному синтезу из доступного сырья природного происхождения новых экологически безопасных защитных соединений, обладающих потенциально высокой ростстимулирующей активностью.

В Амурской области важным сырьем для получения флавоноидов является лиственница даурская (*Larix dahurica*). Глубокой ее переработкой занимается компания ЗАО «Аметис», которая получает лиственничное масло, олигосахарид арабиногалактан (АГ) и флавоноид – дигидрокверцетин (ДГК), обладающий антиоксидантным действием (Зенков и др., 2003). Известны четыре основные функции флавоноидов в растениях. Они участвуют в окислительно-восстановительных реакциях, являются аттрактантами, сигнальными молекулами и антиоксидантами (Кузнецова, 2019). Препарат Лариксин, полученный из древесины лиственницы сибирской (эмульсия биофлавоноида дигидрокверцетина), использовали для обработки сои в период вегетации, но увеличение урожайности сои было всего 2 % (Кашина и др., 2009). Предпосевная обработка семян сои дигидрокверцетином или лиственничным маслом стимулирует биохимические процессы сои и улучшает хозяйственно ценные показатели (Разанцевой и др., 2013).

Регулятор роста растений ЭкоЛарикс (д.в. дигидрокверцетин) повышает активность генов стрессоустойчивости, что стимулирует синтез специальных соединений, функцией которых является организация связи между факторами внешней среды и активностью отдельных генов или их блоков. Данный регулятор роста способствует усилению фотосинтеза, что повышает продуктивность выращиваемых культур (Чекуров и др., 2003). В условиях Амурской области препарат ЭкоЛарикс положительно влиял на ростовые и

формообразовательные процессы растений сои сорта Даурия: всхожесть семян повысилась на 2-3 %, сохранность растений к уборке – на 2 %, увеличилась масса бобов (на 0,8-1,0 г/раст.) и семян (на 0,5-1,0 г) на растении, масса 1000 семян (на 6,0-7,0 г), повысилось содержание белка и жира в семенах (Шаповал, 2015).

Вышеуказанные препараты усиливают иммунитет растений к различным патогенам и стрессовым факторам среды при комплексном положительном действии на рост и развитие растений (Кузнецова, 2014; Шаповал О.А., 2005; Рафальский С.В., 2015).

Так как биологически активные вещества являются частью адаптивной системы растениеводства, то необходимо целенаправленно изучать процессы регуляции роста и развития растений на молекулярном и клеточном уровнях, что позволит понять их внутренний механизм физиологических процессов.

1.4 Влияние гербицидов на рост, развитие и урожайность культурных растений

Одним из наиболее серьезных факторов, препятствующих повышению урожайности сельскохозяйственных культур, является засоренность посевов. Около 37 % потенциального урожая во всем мире можно недополучить из-за конкуренции сорняков, по сравнению с возможным недобором продукции в размере 11 % вследствие деятельности патогенных микроорганизмов, вирусов и вредителей (Oerke, 2006).

Средствам защиты растений от сорной растительности отводится важная роль в растениеводстве. Применение гербицидов является обязательным элементом системы интенсивного землепользования (Лукаткин, 2016). Тем не менее, у химической прополки имеется существенный недостаток – фитотоксичность используемых препаратов по отношению к культурным растениям. Некоторые гербициды в растениях блокируются компонентами клеток и разлагаются до нетоксичных соединений или до токсичных с последующей инактивацией. Гербицид угнетает или, разрушаясь до токсических соедине-

ний под влиянием компонентов клетки, приводит к гибели растения (Баскаков, 1984).

Исследовано влияние гербицидов на различные растения. Гербицид с действующим веществом изопротурон приводит к накоплению пероксида водорода в листьях кукурузы. Активность супероксиддисмутазы была значительно улучшена, тогда как активность аскорбиновой пероксидазы была значительно снижена. Активность антиоксидантных ферментов в растениях пшеницы показала существенное изменение по сравнению с контролем при воздействии изопротурона. Применение изопротурона до 20 мг / кг приводило к снижению активности супероксиддисмутазы (Sugandha, 2014).

В исследованиях польских ученых Б. Германа, Р. Бичака, Е. Гургала показано (1998), что растения лука-пырея, обработанные фенантролином, характеризовались более высокой активностью пероксидазы и меньшей активностью каталазы и более низким содержанием хлорофилла, растворимых сахаров и аскорбиновой кислоты по сравнению с необработанными растениями.

Следует отметить, что негативное влияние гербицидов проявляется в системе растение-почва, что приводит к нежелательным перестройкам в ее микробном сообществе (Gonzalez et al., 1999; Коробова, Танатова, 2010). Индийскими и бразильскими учеными установлено, что остаточные количества гербицидов в почве приводят к ингибированию ряда ферментов и проявлению фитотоксичности для последующих культур (Ramawatar Yadav and M.S. Bhullar, Carla Alves, 2018), также в данных работах показано, что фермент пероксидаза является наиболее отзывчивым ферментом из изученных антиоксидантных ферментов. При опрыскивании гербицидами рисовых растений показано, что гербициды различных групп вызывают окислительный стресс, увеличивая при этом уровень пероксида водорода, переокисное окисление липидов и активность супероксиддисмутазы (Marcos André Nohatto, 2016).

Применение почвенных гербицидов изменяет ферментативную активность почвы, что снижает усвоение растениями питательных веществ и зна-

чительно сказывается на ее плодородии и урожайности последующих культур (Girdhari Lal, Hiremath and Kailash Chandra, 2017).

В исследованиях Коробовой Л.Н., Шинделова А.В. (2012) показано, что повышенные дозы гербицидов ухудшают состояние яровой пшеницы сорта Новосибирская 29 – меняют проницаемость клеточных мембран, снижают ее урожайность. В почве в ответ на гербицидный стресс накапливаются токсикогенные грибы, олиготрофные микроорганизмы и падает способность к самоочищению от возбудителя обыкновенной корневой гнили.

В тоже время многолетний опыт фермеров северной и центральной Европы показал, что применение предуборочной обработки сои гербицидами, производными глифосата, способствует увеличению урожай на 15-20%, так как гарантирует уборку напрямую, снижая потери за счет уменьшения засоренности культуры. При этом применение гербицидов (посредством десикации растений) практически не воздействует на семенную продуктивность, биохимический состав и биологические свойства семян, а в отдельных случаях приводит к их улучшению (Сорока, 2011).

В настоящее время на российском рынке средств защиты растений существует большое количество гербицидов, применяемых для защиты сельскохозяйственных культур. В последние годы в большинстве регионов России возросла доля гербицидов на основе имазамокса. Имазамокс был зарегистрирован в США в 1997 г. (The pesticide manual, 2003). В России на сегодняшний день зарегистрированы и рекомендованы к применению имазамокс, имазапир и имазетапир (Государственный каталог..., 2015; Куликова, 2010). Важным преимуществом гербицида является селективность по отношению к защищаемым культурам и системное действие. Помимо сои и рапса устойчивостью к имазамоксу обладают горох и подсолнечник – культуры, занимающие не последнее место в сельском хозяйстве нашей страны. С целью оценки биологической эффективности гербицида Парадокс, ВРК (120 г/л имазамокса) в различных регионах страны была исследована чувствительность к нему

наиболее распространенных в посевах защищаемых культур видов сорных растений.

В опытах, проведенных на опытной базе Дальневосточного научно-исследовательского института защиты растений (ФГБНУ «ДВНИИЗР») было установлено, что для сои сорта Венера на ранних этапах развития безопасным является довсходовое применение гербицидов Клоцет и Пивот. Внесение в почву Харнеса, Лазурита, Трофи 90, Стомпа и Комманда даже в рекомендованных дозах приводит к угнетению роста и снижению динамики накопления биомассы растений (Вострикова, Мороховец, Басай, 2016).

Выявлено, что в основе первичных реакций растительной клетки на действие ряда гербицидов лежит возникновение окислительного стресса (быстрая и временная продукция АФК). В результате усиления генерации АФК в клетках растений изменяется баланс между образованием АФК и активностью системы антиоксидантной защиты в пользу первого (ApeI, Hirt, 2004). Повреждение структуры мембран, усиление перекисного окисления липидов, нарушение структуры белков и ДНК являются типичными последствиями возрастания АФК (Чистяков, 2008). Так, в исследованиях по изучению влияния гербицида Гранстар на антиоксидантную активность (АОА) у растений пшеницы, ржи, кукурузы, овсяга выявлено возрастание ингибирования DPPH с увеличением концентрации гербицида, что свидетельствует о повышении АОА (Гарькова и др., 2011). А инкубация молодых листьев пшеницы в различных концентрациях гербицида Топик (0,1-10 мкл/л) приводила к изменениям параметров антиоксидантной системы. В большинстве вариантов опыта наблюдалась активация ферментов супероксиддисмутазы (СОД), аскорбат-пероксидазы (АПО) и каталазы в высечках листьев (Lukatkin et al., 2013; Бочкарева и др., 2010).

Амурская область является одним из ведущих регионов РФ по возделыванию сои. Огромное количество исследований по гербицидному влиянию на посевы сои проведено во ВНИИ сои (г. Благовещенск, Амурская область). Известным ученым, академиком Синеговской В.Т. (2012) установлено, что

через три часа после обработки посевов гербицидами привело к угнетению фотосинтетических процессов в листьях сои.

Проявление токсичности по отношению к защищаемым растениям также было отмечено при применении препаратов, таких как Пивот и его аналогов – Пульсар, Базагран. После обработки Пивотом и Пульсаром на короткое время листья меняют окраску – с темнозеленой на светлозеленую, замедляется рост растений и затягивается вегетация на 2...7 дней (Технология возделывания сои в Амурской области: методические рекомендации. – Благовещенск, 2009. – 72 с.). Также исследования, проведенные в Амурской области, показали, что на гербицидном фоне наблюдалась тенденция повышения урожайности сои при использовании по вегетирующим растениям био-препаратов Берес 4 и Атоник (Рафальский, 2015).

В тоже время оценка и выбор оптимального сочетания химических препаратов при их комплексном использовании часто ограничены важнейшим критерием – получаемой прибавкой урожая (Ashenafi Mitiku, Dawit Dalga). Учитывая многообразие прямого воздействия и последствий различных средств химизации и их совмещение на отмеченные процессы, следует подчеркнуть, что комплексное применение химических, агрохимических, биохимических, биологических, токсикологических методов исследований в настоящее время становится насущной необходимостью (Ладонин, 1984).

Поэтому требуется тщательное изучение не только положительных свойств препаратов целевого назначения, но и прогнозируемого негативного воздействия гербицидов на агроценозы для разработок приемов по улучшению экологической ситуации.

1.5 Снижение гербицидного стресса сои при использовании природных препаратов, содержащих биологически активные вещества

Интенсивное применение гербицидов в сельском хозяйстве способствовало формированию нового направления в области защиты растений,

связанного с разработкой мер и средств по защите урожаев сельскохозяйственных культур от нежелательных последствий (Пат. РФ, № 2358973, 2009).

В условиях интенсификации земледелия для уменьшения материального ущерба из-за снижения урожайности сельскохозяйственных культур необходимо применение эколого-адаптивных агронанотехнологий. Острой проблемой является адаптация земледелия к многочисленным факторам окружающей среды, в том числе применение гербицидов.

Гербициды нового поколения обладают высокой селективностью (Vijaya K. Nandula, Heather L. Tyler, 2016), однако, культурные растения испытывают на себе их негативное воздействие. Стресс, вызываемый гербицидами, даже несмотря на благоприятные последствия уничтожения сорной растительности, может приводить к снижению урожайности до 50 % (Захаренко, 2006).

Проблема снижения стрессового воздействия гербицидов на культурные растения может быть решена с помощью антидотных препаратов (Спирidonov, Хохлов, Шестаков, 2009).

Впервые эффект защиты растений от действия гербицидов обнаружен Отто Хоффманом в 1947 г., который показал, что обработанные 2,4,6-Т (2,4,6-трихлорфеноксиуксусной кислотой) растения томата приобрели устойчивость к гербициду 2,4-Д (2,4-дихлорфеноксиуксусной кислоте) (Hoffman, 1953). Дальнейшие результаты исследований показали, что обработка листьев 2,4-Д защищала растения при последующей обработке гербицидом группы карбаматов – препаратом барбан (Hoffman, 1960).

Исследованиями, проведенными Яблонской Е.К. (2015) выявлено, что активация обменных процессов под действием адаптогенов и иммуномодуляторов приводит к повышению устойчивости растений к стрессам, в том числе к воздействию гербицидов.

В настоящее время существует небольшое количество соединений с антидотной активностью, избирательно уменьшающих токсичность отдельных гербицидов. Многими исследованиями доказано снижение токсичности

действия гербицидов на растения сельскохозяйственных культур при использовании антистрессовых препаратов (Грицаенко, Голодрига, Розборская, 2013; Яппаров, 2013).

Исследователями (Кшникаткина, Гудимо, 2013; Кшникаткина, Юров, 2013; Воронова, 2012) установлено, что биопрепарат Альбит приводит к снижению стрессового воздействия гербицидов Корсар, Агритокс, Балерина, Миура, Фюзилад супер и Зеллек супер, и, тем самым, способствовало увеличению продуктивности культуры. Максимальная продуктивность клевера паннонского первого года пользования получена при использовании Альбита совместно с Корсаром. Антистрессовый препарат Альбит способствовал увеличению листовой поверхности ячменя на 12,9-30,8%, ФП – 19,8-40,6%, ЧПФ – 12,7-31,1%. Урожайность ячменя увеличилась на 0,94 т/га, улучшились технологические свойства. Использование баковых смесей гербицидов Миура, Фюзилад супер и Зеллек супер комплекс с антистрессантом Альбит на посевах расторопши пятнистой является высоко эффективным агроприемом, значительно повышающим урожайность и качество. Применение Альбита обеспечило повышение урожайности на 0,09 т/га или 12,2 %.

В исследованиях Н.И. Добрева, Л.А. Дорожкина, Л.М. Поддымкина (2016) показано, что использование гербицидов Линтура, Лонтрела-300 и Гранстара в смеси с Цирконом или Силиплантом привело к росту урожайности ячменя независимо от погодных условий по сравнению с индивидуальным применением гербицидов. Наиболее эффективным было применение их в условиях засухи. Снижение нормы расхода гербицидов на 30 % не отражалось на их эффективности и способствовало увеличению урожайности по сравнению с рекомендованной нормой расхода.

С целью разработки современных гербицидных антидотов для вегетирующих растений подсолнечника синтезирована группа новых химических соединений, относящихся к производным изоксазолопиридинов, и изучена их антидотная активность в лабораторном и полевом опыте (Дмитриева, Дядюченко, Макарова, 2016).

В работах Кшникаткиной А.Н. показана возможность снижения фитотоксичности гербицидов на культурные растения путем применения препарата Силиплант, обладающего выраженной антистрессовой активностью. Добавление антистрессового кремнийсодержащего препарата Силипланта к гербицидам Корсар и Агритокс смягчало их действие и тем самым активизировало рост и накопление органической массы растений гороха (Кшникаткина, 2014).

В исследованиях А. С. Филиппова, В. В. Немченко (2017), по изучению действия препарата Гумимакс и гербицидов показано, что дополнительный прирост продуктивности был получен в вариантах с использованием гуминового препарата в сравнении с применением гербицидов в чистом виде. Полученные в среднем за 2011–2015 гг. прибавки от применения Гумимакса колебались в пределах 0,4–1,2 ц/га и были математически достоверны, кроме варианта с гербицидом Ларен Про (на основе сульфонилмочевины). Отмечена тенденция наибольшего увеличения продуктивности при совместном использовании Гумимакса с гербицидом Элант премиум (на основе эфира 2,4-Д и дикамбы).

Поэтому необходим поиск новых препаратов и смесей, стимулирующих устойчивость растений к стрессам, повышение качества семян сои и продуктивности.

2. ОБЪЕКТЫ, УСЛОВИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1 Почвенно-климатические условия Амурской области

Амурская область расположена на юго-востоке Азиатской части России и занимает 11,7 % территории Дальнего Востока. Общая площадь области составляет 363,7 тыс. км². На западе граничит с Читинской областью, на севере – с Саха-Якутией, на востоке – с Хабаровским краем и на юге – с Китаем. Рельеф Амурской области горно-равнинный: горы занимают 57,5 %, равнины – 42,5 % территории. На трех крупных равнинах (Зейско-Буреинская, Амуро-Зейская, Верхнезейская) расположены южная, центральная, северная, северная таёжная, горная таёжная сельскохозяйственные зоны, в которых сосредоточены 59 % пашни Дальневосточного федерального округа. В сельскохозяйственном отношении в Амурской области рациональнее выделять сезоны по тепловому признаку, а именно зима – температура воздуха ниже 0 °С. Весна от 0 до +10 °С, лето более +10 °С, осень падение температуры от 10 до 0 °С. В соответствии с этим на зиму приходится 6 месяцев в году, так как март и ноябрь, часть октября и апреля по температурным условиям относится к зимнему периоду.

Климат Амурской области резко континентальный по температурным признакам и муссонный по характеру формирования, который формируется под влиянием азиатского континента и Тихого океана, имеющих различную температуру поверхностей в зимнее и летнее время.

Метеорологические условия 2016-2019 годов имели некоторые отличия от среднемноголетних по температурному режиму и количеству осадков (рис.1, прил. 1).

Погодные условия 2016 г.

Вегетационный период 2016 года характеризовался неустойчивым температурным режимом, частыми дождями, высокой относительной влажностью воздуха (прил. 1). Весна в 2016 году наступила в сроки, близкие к среднемноголетним. Сумма осадков за май месяц составила 77 мм или 197% от нормы. Летний период 2016 года характеризовался неустойчивым темпера-

турным режимом, частыми дождями, высокой относительной влажностью воздуха. Среднемесячная температура воздуха составила 17°C, что ниже климатической нормы на 2°C. Осадков выпало 111 мм – на 31% выше многолетней нормы. Недостаток тепла и света тормозил рост и развитие растений сои. Июль характеризовался неустойчивой теплой погодой. Показатели температуры всех трех декад находились в пределах многолетних значений или выше на 1°C. Несколько повышенный температурный режим в июле ускорил накопление тепла. Дожди в течение месяца были частыми, кратковременными и ливневыми. Повышенная влажность воздуха способствовала развитию болезней, развитие растений сои шло несколько замедленно. В августе отмечено повышение температуры до 30°C и выше в течение нескольких дней, в конце месяца дневные температуры опускались до 13...20°C. Осадков выпало ниже нормы – 72%.

В сентябре отмечался повышенный температурный режим, что способствовало дальнейшему накоплению тепла. Все три декады были с отрицательными отклонениями от многолетней нормы. Осадков за два месяца выпало 83 и 21 мм и составило 125 и 105 % от многолетней нормы.

Погодные условия 2017 г.

Климатические условия 2017 года отличались неустойчивыми температурами и недостатком влаги в отдельные фазы развития растений сои (прил. 1). Весна в 2017 году наступила в сроки, близкие к среднемноголетним. Третья декада мая была прохладной на 1...2°C ниже нормы. Сумма осадков за май месяц составила 42 мм или 108 % от нормы.

В начале июня отмечены резкие перепады температур по дням от 9,5 до 21,5°C. Среднемесячная температура воздуха составила 19 °C, что несколько выше климатической нормы. Осадков выпало 77,2 мм, – на 9 % ниже многолетней нормы. Резкие перепады температур и недостаток влаги тормозило рост и развитие растений сои. Июль характеризовался высокой температурой воздуха и недостатком влаги. Осадков выпало 64% от нормы. Показатели температуры всех трех декад находились в пределах многолетних значений

или выше на 1°C. Осадки выпали в основном во второй декаде месяца. Температура августа изменялась от 7,4 до 26,0°C. Количество осадков было выше нормы на 49%. В сентябре отмечался повышенный температурный режим. Теплая погода способствовала дальнейшему накоплению тепла. Осадков выпало ниже нормы. Количество осадков, выпавших в октябре месяце, составило 48,8 мм –244% от многолетней нормы.

Перепады температуры воздуха и неравномерное выпадение осадков в период формирования репродуктивных органов у сои могли оказать в конечном итоге неблагоприятное влияние на качество посевного материала.

Погодные условия 2018 г.

Перепад температуры воздуха наблюдался в течение всего вегетационного периода 2018 г. (прил. 1). Превышение температуры в апреле, мае, июле, августе, сентябре и октябре составило от 0,8 до 2,7 °С от среднемноголетней. В июне отмечено снижение температуры на 0,9 °С от средней многолетней, что отрицательно сказалось на развитии сои в начальный период роста.

По влагообеспеченности данный вегетационный период не соответствовал норме, требуемой для культуры сои, выпадение осадков было неравномерным, что приводило как к недостатку, так и избытку влаги. В апреле и мае осадков выпало меньше нормы: в апреле – 1,6 мм, что ниже среднемноголетнего показателя на 20,4 мм, в мае – 25,1 мм при норме 39 мм. Недостаток влаги в период прорастания сои негативно отразился на всходах, которые были недружные, однако обильные осадки во второй декаде июня – 142,2 мм способствовали прорастанию семян, не взошедших ранее. Поэтому у части растений, всходы появились значительно позже, и они отставали в развитии на протяжении всего периода вегетации. В итоге созревание сои было неравномерным. В целом – в июне выпало 188,2 мм осадков, что в 2,2 раза больше среднемноголетнего показателя. Обильные осадки были и в июле – за месяц выпало 181,8 мм, что превысило норму на 73,8 мм. В эти периоды наблюдалось сильное переувлажнение почвы, гибель растений на отдельных участ-

ках. В августе и сентябре осадков выпало 61,2 и 53,1 мм, что меньше нормы на 41,8 и 12,9 мм соответственно, однако температура была выше среднемноголетней на 1°С. Сочетание температур с количеством осадков в течение вегетации, оказало как положительное, так и отрицательное влияние на рост, и развитие растений сои. Понижение среднесуточной температуры в I и II декадах июня (резкие перепады ночных и дневных температур), избыток влаги во II декаде июня отрицательно сказались на развитии сои на начальном этапе роста, в результате чего общий период вегетации у растений затянулся и увеличился в среднем на 4...7 дней.

В сентябре снижение температурного режима шло постепенно, поэтому созревание растений сои шло в замедленном темпе. Однако, следует отметить, что в данном году сумма активных температур в южной зоне Амурской области составила 2709 °С, что выше среднемноголетнего значения на 238°С. Агрометеорологические условия данного года были затруднительными для возделывания сои. Отмечено избыточное или недостаточное увлажнение почвы и неравномерный температурный фон – повышенный в начале и конце вегетации.

Погодные условия 2019 г.

Агрометеорологические условия весны 2019 года в южной зоне были благоприятными для проведения полевых работ. Первые две декады мая характеризовались температурой воздуха на 0,7–1,0°С выше климатической нормы, что привело к устойчивому переходу среднесуточной температуры воздуха через +10°С на 7 дней раньше среднемноголетней даты. Выпавшие во второй и третьей декаде осадки сопровождалась накоплением почвенной влаги в слое 0–20 см и способствовали созданию благоприятных условий для посева сои (рис.1). Агрометеорологические условия в июне складывались благоприятно для роста и развития сои. Июль характеризовался дождливой погодой с температурным режимом не отличающимся от среднемноголетнего. Первые декады сопровождалась ливнями, интенсивность которых составила 64 % от месячной нормы, что привело к частичному переувлажнению

почвы. Достаточная влагообеспеченность почвы и теплая погода, способствовали продуктивному развитию растений сои в фазу цветения.

Обильные осадки, выпавшие 21 июля интенсивность которых составила 74 % от месячной нормы, привели к кратковременному переувлажнению почвы, вследствие чего растения сои частично находились в угнетенном состоянии. Гидротермический режим августа и сентября находился в пределах среднесуточных показателей, что положительно сказалось на развитии сои в период бобообразование-налив семян, и позволило провести уборку этой культуры в оптимальные сроки.

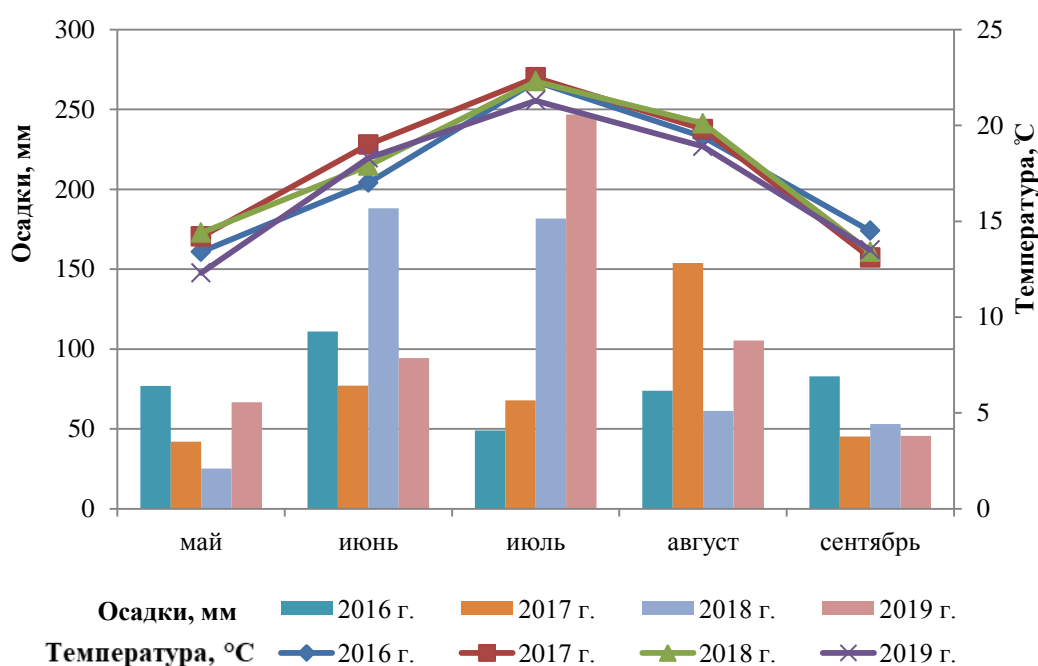


Рис. 1. Среднемесячная температура воздуха и количество осадков за вегетационный период 2016-2019 гг.

Таким образом, метеорологические условия в годы проведения исследований различались по температурному режиму, количеству выпавших осадков, длине безморозного периода, что в итоге отразилось на росте и развитии растений сои и обусловило изменение функциональной активности фермента пероксидазы, обеспечивающего адаптацию к условиям внешней среды.

Почва.

Почва опытного участка луговая черноземовидная, тяжёлая по гранулометрическому составу. Мощность гумусового слоя (А+АВ) – 20...30 см. Содержание гумуса – 2,3...2,7 %, рН – 5,4. Содержание аммиачного азота – 20...40 мг/кг почвы, нитратного – 30...70 мг/кг почвы, подвижного фосфора – 50...80 мг/кг почвы, обменного калия – 170...200 мг/кг почвы. Почва относится к средневодопроницаемым, её объемная масса колеблется от 1,02...1,10 г/см³, пористость – 43,8 %.

2.2 Объекты и условия проведения исследований

Для изучения влияния биологически активных веществ на адаптацию сои с применением высокоэффективных гербицидов использовались новые перспективные сорта сои селекции ВНИИ сои: МК 100, Китросса и Нега 1.

Сорт МК 100 включен в Государственный реестр селекционных достижений в 2011 году для использования по 12 (Дальневосточный) региону; патентообладатель ВНИИ сои (Каталог сортов сои, 2015).

Согласно международной классификации сорт относится к скороспелой группе, производственной – к среднеспелой. Продолжительность периода вегетации 106...112 дней, в среднем – 109 дней. Средняя урожайность семян 3,22 т/га, максимальная – 3,97 т/га (КСИ, 2010 г.). Высота растений 57...92 см, высота прикрепления нижних бобов 14...20 см. Растения данного сорта к возбудителям бактериоза и септориоза среднеустойчивы, филлостиктоза и корневых гнилей устойчивы.

Сорт Китросса селекции ФГБНУ ВНИИ сои, включён в Государственный реестр селекционных достижений в 2016 году для использования в ДФО. Согласно международной и производственной классификации относится к группе среднеспелых сортов, период вегетации, в среднем 114 дней. Максимальная урожайность – 4,01 т/га. Масса 1000 семян 145,0...185,5 г. Содержание в семенах белка 39,2 % (37,9...39,9 %), жира – 18,2 % (17,4...18,7 %). Растения сорта проявляют высокоустойчивость, в отдельные годы устойчи-

вость к бактериальным болезням (*Bacteriumglycineum* Coerper). Высокоустойчив к грибным болезням: филлостиктоз (*Phyllostictasoyaeicola* Mass), церкоспороз (*Cereosporakichii*); среднеустойчив к септориозу (*Septoriaglycines* Hemmi). Сорт Китросса в настоящее время является одним из наиболее востребованных у сельхозпроизводителей Амурской области, о чем свидетельствует значительный рост его посевных площадей за период с 2017 по 2019 год – более чем в 100 раз. В настоящее время посевные площади под сортом превышают показатель в 25000 га.

Сорт Нега 1 включен в Государственный реестр селекционных достижений в 2013 году для использования по 12 (Дальневосточный) региону; патентообладатель ВНИИ сои.

Сорт Нега 1 рекомендуется при возделывании в южной зоне Амурской области и Хабаровском крае. Согласно международной и производственной классификации относится к среднеспелой группе. Продолжительность периода вегетации составляет 110...116 дней, в среднем 112 дней. Масса 1000 семян варьирует в среднем 157...183 грамма. Содержание в семенах белка 38,6...39,6 %, жира 19,0...21,9 %. Средняя урожайность семян 3,29 т/га, потенциальная – 3,43 т/га. Среднеустойчив к возбудителям грибных болезней сои.

Характеристика биологически активных веществ. Для обработки семян использовали природные препараты на основе глубокой переработки лиственницы даурской (*Larix gmelinii*) – БиоЛарикс, ЭкстраКор, ЭкоЛарикс, и экстракт коры березы – Бетулин (*Betula*), производимые компанией АО «Аметис» (г. Благовещенск). Данные препараты обладают широким спектром физиологической активности – способствуют повышению устойчивости к неблагоприятным факторам внешней среды и являются экологически безопасными.

Действующим веществом регулятора роста растений *ЭкоЛарикс* является биофлавоноид дигидрокверцетин ($C_{15}H_{12}O_7 \cdot 1,5H_2O$). В основе структуры

данного биофлавоноида лежит гетероциклическое соединение флаван, многообразие которого обусловлено вариантами расположения заместителей (гидрокси-, метокси-, и других групп) в ароматической и гетероциклической частях молекулы. По внешнему виду – порошок от светло-желтого до желтого цвета, характеризуется отсутствием острой и хронической токсичности. Благодаря капилляропротекторным и антиоксидантным свойствам дигидрокверцетина значительно улучшается обмен веществ на границе клетки и капилляра, что в свою очередь приводит к повышению антиоксидантного статуса организма. Антиоксидантные действия дигидрокверцетина, как и других флаваноидов, являются одним из неспецифических механизмов реализации многих других его биологических свойств. Под его воздействием у растения повышается активность генов стрессоустойчивости, что стимулирует синтез специальных соединений. Данный регулятор роста способствует увеличению содержания хлорофилла в растениях и, соответственно, усилению фотосинтеза, что повышает продуктивность культур (Фомичев, 2017; Кузнецова, 2019).

Природный стимулятор роста растений *БиоЛарикс*, действующими веществами которого являются дигидрокверцетин, дитерпеновые спирты и углеводороды, представляет собой водорастворимый концентрат лиственничной смолы с высокой фунгицидной активностью. Действующие вещества препарата проникают через листовую поверхность в корневую систему и активируют процессы, позволяющие растениям усваивать ранее недоступные минеральные вещества.

ЭкстраКор представляет собой экстракт лиственничной коры, относится к природным регуляторам роста растений с выраженными антистрессовыми свойствами. Действующими веществами его являются дигидрокверцетин, проантоцианидины и параоксибензойная кислота.

Бетулин относится к тритерпеноидам ряда лупана (тритерпеновый спирт с двумя гидроксильными группами), является основным компонентом экстрактивных веществ коры березы. По международной токсикологической

классификации бетулин относится к 4 классу малотоксичных веществ (полумлетальная доза ЛД 50 бетулина составляет 9000 мг/кг). Бетулин не обладает аллергенным, канцерогенным, мутагенным, сенсibiliзирующим и эмбриотоксическим действием. На его основе синтезируют перспективные фармацевтические препараты с противоопухолевой и антивирусной активностью (Коптелова, 2013). Изучение свойств сложных эфиров бетулина позволило показать их эффективность как гепатопротекторов и противовоспалительных средств (Кононов Г.Н. и др., 2017). Доступность и биологическая активность Бетулина ставят его в ряд ценных природных источников для использования в сельском хозяйстве в качестве регулятора роста.

Характеристика гербицидов. Ассортимент гербицидных препаратов ежегодно пополняется десятками новых наименований. Все это способствует дальнейшему изучению химических средств защиты растений, как с точки зрения биологической эффективности, так и экологической безопасности при поиске путей снижения токсикологической нагрузки на культуру и экосистему окружающей природы.

Характеристика гербицидов приведена в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристика изучаемых гербицидов

Название	Действующее вещество	Способ применения	Химический класс	Действие на растение	Аналоги
Фронтьер	Диметенамид-П.	Опрыскивание почв	Хлорацетонилиды	Блокирование ферментов и нарушение образования белков. Замедление митоза, подавление процессов растяжения клеток и роста корня, ослабление поступления калия в растения	Блокпост, КЭ КЭ Эталон Дифронт, КЭ
Раундап	Изопропиламинная соль	Опрыскивание почв	Фосфорорганические соединения	Ингибирование синтеза аминокислот, ингибирование синтеза хлорофилла	Торнадо, ВР Ураган Форте Гелиос (Раундап) Тайфун Рауль, ВР РАП, ВР Факел Аристократ, ВР Кайман, ВР
Пульсар	Имазамокс	Опрыскивание посевов	Имидазолиноны	Ингибирование синтеза ряда аминокислот	Зонатор ВР Гермес Зодиак, ВР Юнкер Концепт Раптор
Реглон Супер	Дикват	Опрыскивание посевов при побурении бобов (предуборочная десикация)	Производные бипиридилия	Повреждение клеточных мембран вследствие перекисной трансформации насыщенных жирных кислот, входящих в их состав. Нарушение полупроницаемости мембран ведет к высвобождению внутренних элементов клеточных оргanelл и их полной деструкции	Регистан Скорпион Юстон Альфа Дикват
Ураган Форте	Глифосат (калийная соль)	Опрыскивание посевов при побурении бобов (предуборочная десикация)	Фосфорорганические соединения (ФОС)	Ингибирование процесса синтеза аминокислот	Раундап Тотал К Напалм

2.3 Методы исследований

Для решения поставленных задач были проведены лабораторные и полевые исследования.

2.3.1 Методы исследований в полевых опытах

В течение 2016-2019 гг. в полевых условиях проводили исследования применения препаратов БиоЛарикс, ЭкстраКор, Бетулина в формировании устойчивости растений сои к воздействию гербицида Пульсар, а также влияние десиканта Реглон Супер и гербицида Ураган Форте на посевные качества и урожайные свойства сои сорта Нега 1. Полевые опыты проводили на луговых черноземовидных почвах Тамбовского района Амурской области (южная зона возделывания).

Полевые опыты заложены согласно методике Б.А. Доспехова (1985). Посев – вручную, способ посева – широкорядный с шириной междурядий 45 см. Расположение делянок – блочно-рентдомизированное. Норма высева семян 45-50 шт. всхожих семян на 1м². Агротехника возделывания: зяблевая вспашка, культивация. Опыт закладывали по схемам:

Опыт № 1. Изучение влияния предпосевной обработки семян препаратами природного происхождения (БиоЛарикс и ЭкстраКор) на рост, развитие и продуктивность сои сорта МК 100.

Схема опыта:

1. Контроль – семена замачивали в дистиллированной воде;
2. Предпосевная обработка семян дистиллированной водой + гербицид Пульсар (д.в. имазамокс) в дозе 0,8 л/га по вегетирующим растениям;
3. Предпосевная обработка семян препаратом БиоЛарикс (20 г/т)+ дистиллированная вода по вегетирующим растениям;
4. Предпосевная обработка семян препаратом БиоЛарикс (20 г/т) + гербицид Пульсар (д.в. имазамокс) в дозе 0,8 л/га по вегетирующим растениям;
5. Предпосевная обработка семян препаратом ЭкстраКор (20 г/т) + дистиллированная вода по вегетирующим растениям;

6. Предпосевная обработка семян препаратом ЭкстраКор (20 г/т) + гербицид Пульсар (д.в. имазамокс) в дозе 0,8 л/га по вегетирующим растениям.

Семена обрабатывали природными препаратами в день посева из расчета: 20 г/т семян, расход рабочего раствора – 10 л/т. Общая площадь делянки 11,25 м², учетной – 2,25 м².

Опыт № 2. Изучение адаптации растений сои сорта Китросса за счет использования биопрепаратов ЭкстраКор и Бетулин для предпосевной обработки семян и по вегетирующим растениям.

Схема опыта:

1. Контроль – семена замачивали в дистиллированной воде;
2. Предпосевная обработка семян дистиллированной водой + гербицид Пульсар (д.в. имазамокс) в дозе 0,8 л/га по вегетирующим растениям;
3. Предпосевная обработка семян дистиллированной водой + гербицид Пульсар (д.в. имазамокс) в дозе 0,8 л/га и Бетулин в дозе 8 г/га по вегетирующим растениям;
4. Предпосевная обработка семян дистиллированной водой + гербицид Пульсар (д.в. имазамокс) в дозе 0,8 л/га и препарат ЭкстраКор в дозе 8 г/га по вегетирующим растениям;
5. Предпосевная обработка семян Бетулином (20 г/т) + дистиллированная вода по вегетирующим растениям;
6. Предпосевная обработка семян Бетулином (20 г/т) + гербицид Пульсар (д.в. имазамокс) в дозе 0,8 л/га по вегетирующим растениям;
7. Предпосевная обработка семян Бетулином (20 г/т) + гербицид Пульсар (д.в. имазамокс) в дозе 0,8 л/га и Бетулин в дозе 8 г/га по вегетирующим растениям;
8. Предпосевная обработка семян препаратом ЭкстраКор (20 г/т) + дистиллированная вода по вегетирующим растениям;
9. Предпосевная обработка семян препаратом ЭкстраКор (20 г/т) + гербицид Пульсар (д.в. имазамокс) в дозе 0,8 л/га по вегетирующим растениям;

10. Предпосевная обработка семян препаратом ЭкстраКор (20 г/т) + гербицид Пульсар (д.в. имазамокс) в дозе 0,8 л/га и препарат ЭкстраКор в дозе 8 г/га по вегетирующим растениям.

Дозировка препаратов для предпосевной обработки семян аналогична первого полевого опыта. Опрыскивание вегетирующих растений биопрепаратами проводили из расчета 8 г/га, гербицидом Пульсар – 0,8 л/га в фазу третьего тройчатого листа.

Опыт № 3. Изучение Реглона Супер и гербицида Ураган Форте в качестве десикантов при использовании в посевах среднеспелого сорта сои Нега 1 по их влиянию на урожай и качество семян.

Схема опыта:

№ п/п	Вариант	Срок внесения	Место отбора семян на растении
1	контроль	без обработки	нижний ярус средний ярус верхний ярус
2	Реглон Супер (1,5 л/га)	фаза полного налива бобов	
3	Реглон Супер (3 л/га)	фаза начала созревания семян	
4	Ураган Форте (1,5 л/га)	фаза полного налива бобов	
5	Ураган Форте (3 л/га)	фаза начала созревания семян	

Обработку посевов сои сорта Нега 1 десикантами Реглон Супер и Ураган Форте проводили двукратно: в фазу полного налива бобов и в фазу начала созревания семян. Контролем служили посевы без внесения десикантов. В ходе вегетации во всех опытах проводили фенологические наблюдения за ростом и развитием растений сои, а также подсчет густоты стояния растений два раза за вегетацию: по всходам и перед уборкой урожая. Уборку производили вручную, обмолот снопов на стационарной молотилке с приведением к стандартной влажности (14 %) и 100 %-ной чистоте. Для выполнения биометрического анализа перед уборкой отбирали с каждой делянки по 25 растений. Ярусы растений сои определяли путем разбивки главного стебля на 3 яруса: нижний, средний, верхний (подсчетом средних по числу и массе семян с каждого узла).



Рис. 2. Общий вид сои при применении биологически активных препаратов
Производственный опыт

В 2020 году на площади 100 га в ФГУП «Садовое» проведена производственная проверка совместного применения препарата ЭкстраКор и гербицида Пульсар (с.Садовое, Тамбовского района Амурской области). Предшествующая культура – чистый пар. Обработка семян природным препаратом была произведена в день посева – 27 мая в дозе 20 г/т, вегетирующих растений в дозе 8 г/га – в фазу третьего тройчатого листа. Схема опыта включала следующие варианты:

1. Контроль (без обработки);
2. ЭкстраКор (обработка семян в дозе 20 г/т);
3. ЭкстраКор (обработка семян в дозе 20 г/т + вегетирующие растения в дозе 8 г/га).

Для посева использовались семена среднеспелого сорта сои Китросса с нормой высева 600 тысяч всхожих семян на гектар. Способ посева рядовой с междурядьями 15 см. Глубина заделки семян сои – 3 – 5 см.

Основная обработка почвы состояла из культивации в два следа Трактором МТЗ 1221 + культиватор КПЭ 3.8 с последующим боронованием Трактором МТЗ 80 + 6 БЗСС-1.0. Посев осуществлен трактором УТО-МЕ 304+ сеялка СН-16. Прикатывание после посева – МТЗ 80 + 5 КВНГ.

В фазу третьего тройчатого листа проведено опрыскивание растений гербицидом Пульсар (МТЗ 1025.2 + ОПШ-18-2500) в дозе 0,8 л/га.

Уборку осуществляли комбайном Джон Дир 1076 в период полной спелости семян, когда растения сбросили листья, а семена легко отделялись от створок бобов.

2.3.2 Методы исследований в лабораторных опытах

В лабораторных условиях проводили исследование по влиянию гербицидов Раундап и Фронтьер, биологически активных веществ, а также их совместное влияние на морфофизиологические показатели проростков сои сорта МК 100; посевные качества, биохимический состав и удельную активность пероксидазы в листьях сои сортов МК 100, Китросса и семенах сорта Нега 1.

Определение влияния гербицидов Раундап и Фронтьер на морфофизиологические показатели и удельную активность пероксидазы проростков сои сорта МК 100

Семена сои сорта МК 100 проращивали в чашках Петри по 50 семян сои в течение 5 суток при воздействии гербицидов Раундап и Фронтьер в следующих концентрациях: 3×10^{-7} М, 3×10^{-6} М, 3×10^{-5} М, 3×10^{-4} М, 3×10^{-3} М, 3×10^{-2} М, 6×10^{-2} М. Контрольные семена проращивали в воде. Опыт закладывали в трех повторностях. Активность фермента пероксидазы определяли по Бояркину в модификации Мокроносова (1994) и выражали в единицах активности на 1 мг белка, количество белка – методом Лоури (Lowry, 1951).

Определение пероксидазной активности в проростках сои сорта МК 100 при воздействия биологически активных веществ на семена

Лабораторные опыты закладывали в трех повторениях. Семена сои, обработанные биологически активными препаратами ЭкоЛарикс, БиоЛарикс, ЭкстраКор и Бетулин (из расчета 20 г/т семян) проращивали по 50 семян в чашках Петри в течение 5 суток. Удельную активность пероксидазы опреде-

ляли по методу А.Н. Бояркина в модификации А.Т. Мокроносова (1994) и выражали в единицах активности на 1 мг белка, содержание белка – методом Лоури.

Воздействие гербицида Фронтьер на пероксидазную активность проростков сои при обработке биологически активными веществами

В лабораторных исследованиях семена сои сорта МК 100, обработанные биологически активными препаратами (из расчета 20 г/т семян) проращивали по 50 семян в чашках Петри в течение 5 суток в растворе с добавлением почвенного гербицида Фронтьер (0,001 %). Схема опыта включала следующие варианты: 1 – контроль (семена, обработанные дистиллированной водой); 2 – Фронтьер (0,001 %); 3 – БиоЛарикс; 4 – БиоЛарикс + Фронтьер; 5 – ЭкоЛарикс; 6 – ЭкоЛарикс + Фронтьер; 7 – ЭкстраКор; 8 – ЭкстраКор + Фронтьер; 9 – Бетулин; 10 – Бетулин + Фронтьер.

Проведена серия лабораторных опытов по влиянию биологически активных веществ на посевные качества семян:

Определение силы роста семян

Опыт закладывали на фильтровальной бумаге в четырехкратной повторности. Проращивание семян сои проводили 3 суток в термостате при температуре 22 °С, а остальные 7 суток при температуре 16-18 °С и дневном освещении с последующей морфофизиологической оценкой проростков (на 10 сутки) (Семена сельскохозяйственных культур. Методы анализа изд-во стандартов, 2004; Стаценко, 2002; Строна, 1966).

Определение энергии прорастания и лабораторной всхожести

Опыт закладывали на увлажненной фильтровальной бумаге в термостате при t 25 °С. Повторность опыта – 4-х кратная. Энергию прорастания определяли на 3 сутки, лабораторную всхожесть – на 7 (ГОСТ 12038–84).

Схемы опытов приведены в таблицах глав. Математическую и статистическую обработку проводили с помощью программы Microsoft Office Excel, расчет коэффициентов корреляций проводили по методике, изложенной Плохинским Н.А. (1970).

Определение биохимического состава зерна сои

Показатели биохимического состава соевого зерна (общее содержание белка, жира, минеральных веществ (К, Mg, Ca, P), аминокислотный и жирнокислотный состав) в семенах сои определяли на ИК–анализаторе «Foss NIRsystem 5000» (Дания) (ГОСТ 32749-2014). Повторность опыта трехкратная. Масса отобранных образцов – 250 г, масса навески 5-7 г. Метод основан на регистрации спектров отражения анализируемых проб в ближней инфракрасной области и определении в них массовых долей сырого протеина и аминокислот: валина, лизина, гистидина, аргинина, фенилаланина, лейцина, изолейцина, треонина, метионина + цистина, аспарагиновой кислоты, серина, аланина + глицина, пролина, тирозина, глютаминовой кислоты. Расчет значений показателей производился по заранее созданным градуировочным моделям.

Получение экстрактов белков

Для получения экстрактов белков семян сои навеску материала (500 мг) гомогенизировали в фарфоровой ступке в течение 15 минут при охлаждении (температура + 5° С) 15 мл. ацетатным буфером pH 4,7. Полученный экстракт центрифугировали при 3000 об/мин в течение 15 минут. Осадок отбрасывали, а надосадочную жидкость фильтровали через мельничные газ для удаления липидной пленки и использовали для анализов. Определение общего белка для расчетов удельной активности ферментов проводили методом Лоури.

Метод определения удельной активности пероксидазы

Данный метод основан на определении скорости реакции окисления бензидина под действием фермента, содержащегося в растениях, до образо-

вания продукта окисления синего цвета определенной концентрации на фотоэлектроколориметре ($\lambda=670$ нм). Об активности фермента пероксидазы судили по мере увеличения оптической плотности.

Расчет удельной активности пероксидазы рассчитывали по формуле, предложенной А.Т. Мокроносовым:

$$A = D \alpha \beta \gamma / t d, \text{ где}$$

A – активность, выраженная в относительных единицах на 1 г сырой массы за 1 с.;

D – зарегистрированная в опыте оптическая плотность;

$\alpha \beta \gamma$ – факторы разведения;

α – отношение количества жидкости, взятой для приготовления вытяжки, мл, к массе навеске, г;

β – степень дополнительного разведения вытяжки после центрифугирования, (если требовалось);

γ – степень постоянного разведения вытяжки в кювете (в наших условиях $\gamma = 76$) (Мокроносов, 1994).

Определение белка в экстрактах методом Лоури

Данный метод основан на реакции белков с реактивом Фолина, в результате которой образуются соединения, окрашенные в синий цвет. При определенных концентрациях белка интенсивность окраски прямо пропорциональна концентрации белка в растворе.

Метод используют для определения белка в растворах с концентрацией от 10 до 300 мкг в 1 мл. Так как концентрация белка в экстрактах сои высокая, а сам метод является очень чувствительным, то при анализе проводили соответствующее разбавление. Измерения проводили на фотоэлектроколориметре (КФК-2, Россия) в кюветах с толщиной оптического слоя 1 см при 750 нм по отношению к контролю в двух биологических и трех аналитических повторностях (Кочетов, 1980).

Калибровочный график строили по серии растворов известной концентрации бычьего сывороточного альбумина. В качестве контроля использовали 1 мл дистиллированной воды. Концентрацию белка (мкг/мл) с учетом разведения в экстракте рассчитывали по калибровочному графику.

Расчет индекса NDVI

Для оценки и анализа посевов сои сорта МК 100 в 2018 г. применяли беспилотный летательный аппарат (БПЛА) марки «DJI Matrice 100» и многоспектральную камеру «Micasense Red Edge», которая обеспечила съёмку изображений в 5-ти спектрах.

На основе многоспектральных снимков рассчитан слой с индексом NDVI и составлена карта в цветовой схеме для визуализации состояния физиологических процессов растений сои по шкале данного индекса. Расчет индекса производили на основании волн различной длины, записанных в мета-данные снимков. Для получения агрономически полезной информации должна применяться формула к необработанным данным. Для расчета NDVI и NDRE было использовано программное обеспечение QGIS (бесплатная версия). NDVI определяли как отношение разницы между NIR и красным спектром к сумме двух полос (уравнение 1); NDRE – как соотношение, что и для NDVI, но вместо красной полосы используется REDGE (уравнение 2) [10].

$$\text{NDVI} = \frac{\text{NIR} - \text{RED}}{\text{NIR} + \text{RED}} \quad (1)$$

$$\text{NDRE} = \frac{\text{NIR} - \text{REDGE}}{\text{NIR} + \text{REDGE}} \quad (2)$$

Спектральный диапазон REDGE, предоставленный компанией MicaSense в своей камере RedEdge, был использован в наших исследованиях для определения соотношения хлорофилла в листьях, индекс NDRE. Длина волны REDGE 717 нм обеспечивает чувствительный показатель содержания

хлорофилла в плотности листьев и фоновых эффектов почвы. В данном опыте был использован индекс NDRE для подтверждения данных индекса NDVI.

Глава 3. ВЛИЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ НА СНИЖЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ГЕРБИЦИДОВ НА ОСНОВЕ ОЦЕНКИ ПЕРОКСИДАЗНОЙ АКТИВНОСТИ

Обработка посевов сои гербицидами в начале вегетации является одним из важнейших условий получения высоких и стабильных урожаев. Существенным аспектом является выявление действия гербицидов на физиологические процессы, происходящие в период роста и развития сои именно на начальной стадии онтогенеза (Душко, Синеговская, Кузин, 2012).

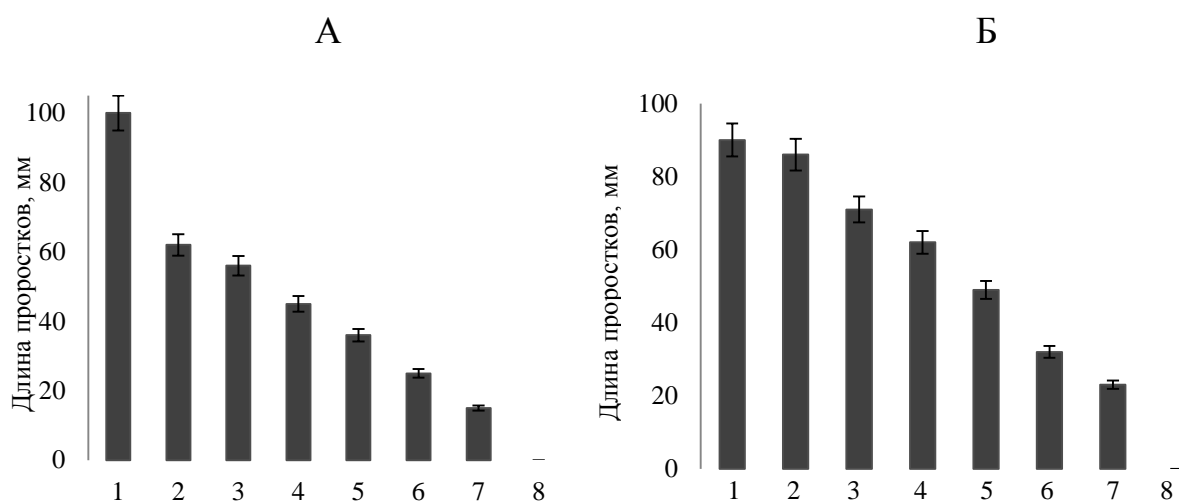
К числу гербицидов, широко применяемых для уничтожения сорняков в Амурской области, относится почвенный гербицид Фронтьер, который в качестве действующего вещества содержит диметенамид-П и Раундап, действующим веществом которого является глифосат N-(фосфонометил)глицин. Данное химическое вещество проявляет высокую эффективность по отношению к соевым многолетним сорнякам, снижая их численность на 90...100 %, в зависимости от дозы. Ранее установлено, что гербицид Фронтьер негативно воздействует на растения сои, тем самым, вызывает стресс у этого растения (Коломийцев, 2013).

Способность растений ограничить повреждения и восстановить поврежденные стрессом системы исключительно важна для выживания растений и их продуктивности. Важную роль в формировании иммунитета у растений играют антиоксидантные ферменты, к которым относятся такие как каталаза, пероксидаза и супероксиддисмутаза. Эти ферменты в целом составляют антиоксидантную систему растений (Юшкова, 2010). Для оценки физиологического состояния растения часто применяются биохимические маркеры, к которым относится отзвучивый фермент пероксидаза (Reyhaneh Sariri, Fazel Najafi and Vahab Jafarian, 2005).

3.1 Пероксидазная активность проростков сои при воздействии гербицидов различных концентраций

Фермент пероксидаза представляет собой полифункциональную ферментативную систему, которая способна реагировать на широкий спектр факторов, приводящих к нарушениям гомеостаза в обмене веществ у растений (Иваченко, 2011).

В результате проведенных лабораторных исследований установлено, что гербицид Фронтьер оказал негативное воздействие на прорастание семян сои сорта МК 100. При увеличении концентрации гербицида отмечено снижение длины проростков и уменьшение их вегетативной массы. Длина проростков уменьшилась в 2 раза при концентрации 3×10^{-4} М, в 3 раза – при 3×10^{-3} М и в 4 раза при высокой концентрации – 3×10^{-2} М. Полный рост семян прекратился при влиянии препарата в концентрации 6×10^{-2} М (рис. 3).



1 – контроль; 2 – 3×10^{-7} М; 3 – 3×10^{-6} М; 4 – 3×10^{-5} М; 5 – 3×10^{-4} М; 6 – 3×10^{-3} М; 7 – 3×10^{-2} М; 8 – 6×10^{-2} М.

Рис. 3. Биометрические показатели проростков сои при влиянии гербицидов Раундап (А) и Фронтьер (Б) (лабораторный опыт, 2016 г.)

Наибольшее негативное воздействие на проростки сои оказал гербицид Раундап. Даже при низких концентрациях гербицида: 2 – 3×10^{-7} М; 3 – 3×10^{-6} М; 4 – 3×10^{-5} М, длина проростков сои снизилась на 40 %, а длина корня – на 60 %. Выявлена отрицательная корреляционная зависимость между длиной проростка и концентрацией гербицида: коэффициент корреляции составил - 0,85 при d_{yx} 0,72, что указывает на высокую токсичность данного препарата

(табл. 2). Рост и развитие проростков на 72 % зависели от концентрации гербицида Раундап, подавляющего развитие проростков при повышении его концентрации.

Таблица 2 – Анализ корреляционной зависимости между концентрацией гербицидов и длиной проростков сои

Фактор	Показатель			
	N	R	d_{yx}	Уравнение регрессии
концентрация гербицида Фронтьер	7	-0,84	0,70	$y = -13,714x + 114,71$
концентрация гербицида Раундап	7	-0,85	0,72	$y = -10,286x + 85,571$

О негативном воздействии гербицида Раундап в исследуемых концентрациях для проростков сои свидетельствует изменение пероксидазной активности. Под влиянием препарата в низких концентрациях происходило увеличение удельной активности фермента в 1,5-2 раза. Более высокие концентрации гербицида привели к снижению изучаемого фермента относительно контроля в 4 раза.

При воздействии гербицида Фронтьер удельная активность изучаемого фермента увеличилась на 7-40% относительно контроля, что подтверждает более высокую устойчивость растений сои к его воздействию по сравнению с Раундапом (рис. 4).

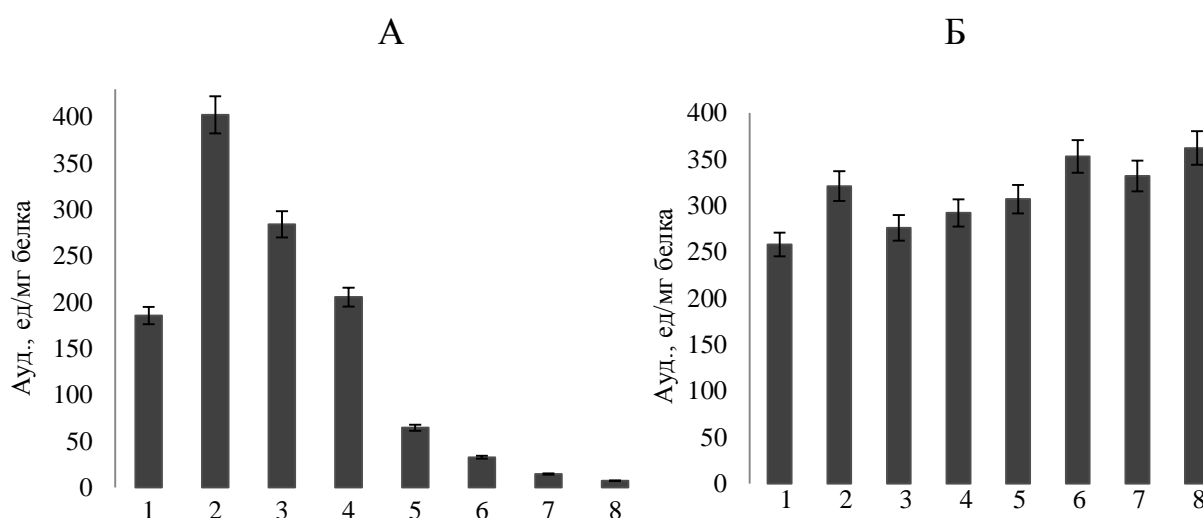


Рис. 4. Удельная активность пероксидазы проростков сои при влиянии гербицидов Раундап (А) и Фронтьер (Б). Концентрации действующих веществ: 1 – контроль; 2 – 3×10^{-7} М; 3 – 3×10^{-6} М; 4 – 3×10^{-5} М; 5 – 3×10^{-4} М; 6 – 3×10^{-3} М; 7 – 3×10^{-2} М; 8 – 6×10^{-2} М

Выявлена прямая сильная корреляционная зависимость между дозировкой гербицида Фронтьер и активностью пероксидазы (табл. 3).

Таблица 3 – Анализ корреляционной зависимости между концентрацией гербицидов и активностью пероксидазы

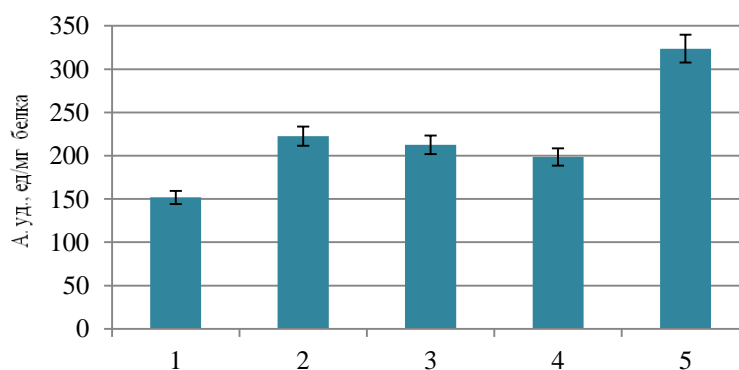
Фактор	Показатель			
	N	R	d_{yx}	Уравнение регрессии
концентрация гербицида Фронтьер	7	0,70	0,49	$y = 10,25x + 279,86$
концентрация гербицида Раундап	7	-0,58	0,33	$y = -67,789x + 415,46$

Коэффициент корреляции составил 0,70, что на 49% подтверждает высокую устойчивость проростков к окислительным процессам за счет повышения пероксидазной активности. Между активностью пероксидазы и концентрацией гербицида Раундап установлена обратная средняя отрицательная связь ($R = -0,58$, $d_{yx} 0,33$), подтверждающая на 33% снижение удельной активности пероксидазы при повышении концентрации Раундапа, а в 67% случаев удельная активность повышалась под влиянием возрастающей концентрации Раундапа, что обеспечило адаптацию растений к этому гербициду за счет возрастающей активности фермента. Установлено, что удельная активность пероксидазы может служить маркером устойчивости проростков сои к воздействию гербицидов как к неблагоприятному фактору внешней среды. Исследуемые гербициды оказали негативное воздействие на проростки сои. Большее негативное воздействие гербицида Раундап, по сравнению с Фронтьером, подтверждается даже при его низких концентрациях высокой активностью фермента, что привело к резкому снижению (на 40 %) биометрических характеристик. Следовательно, повышение активности изучаемого фермента связано с его защитной функцией путем высвобождения клетки от чужеродного вещества.

3.2 Пероксидазная активность проростков сои при воздействии различных биологически активных веществ

Под воздействием благоприятных и неблагоприятных факторов среды фермент пероксидаза изменяет свою активность, причем характер изменений его активности изменяется параллельно с увеличением степени техногенной нагрузки на растения, что позволяет предположить их взаимную обусловленность. В исследованиях Т. Nazubska-Przybyl and et all показано, что воздействие регуляторов роста на растение приводит к увеличению пероксидазной активности и, как следствие, способствует повышению адаптивного потенциала. Повышенная пероксидазная активность будет способствовать более быстрой адаптации организма при воздействии стрессовых факторов (Nazubska-Przybyl, T., 2013).

Установлено, что природные препараты БиоЛарикс, ЭкоЛарикс, ЭкстраКор и Бетулин при добавлении в среду для проращивания семян сои сорта МК 100 вызвали повышение удельной активности пероксидазы, что указывает на их антиоксидантные свойства, обеспечивающие стимуляцию биохимических процессов (рис. 5).



1 – контроль (семена, обработанные дистиллированной водой); 2 – БиоЛарикс; 3 – ЭкоЛарикс; 4 – ЭкстраКор; 5 – Бетулин

Рис. 5. Удельная активность пероксидазы проростков сои

Удельная активность фермента возростала под воздействием препаратов БиоЛарикс, ЭкоЛарикс и ЭкстраКор на 46,5; 40 и 30,8 % соответственно по сравнению с контролем. Наиболее высокая удельная активность перокси-

дазы (323,6 ед/мг белка) выявлена при обработке семян препаратом Бетулин, превышающая контрольный вариант в 2 раза.

Биометрические показатели проростков также важны для определения будущей урожайности семян, так как от этого зависит, что мы получим на выходе. О влиянии препаратов на рост проростков судили по таким показателям, как длина и масса ростка и корешка.

Обработка биологически активными веществами оказала стимулирующее действие на проростки семян сои сорта МК 100, чему свидетельствуют представленные данные в таблице 4.

Таблица 4 – Биометрические показатели проростков сои, полученных в условиях проращивания с добавлением биологически активных веществ

Вариант	Длина проростка, см	Длина корня, см	Масса проростка, г	Масса корня, г
Контроль	12,4	6,8	0,65	0,13
БиоЛарикс	13,0	7,3	0,69	0,14
ЭкоЛарикс	13,2	7,8	0,70	0,14
ЭкстраКор	13,8	8,0	0,74	0,15
Бетулин	12,8	7,0	0,68	0,14
НСР ₀₅	0,5	0,4	0,04	0,015

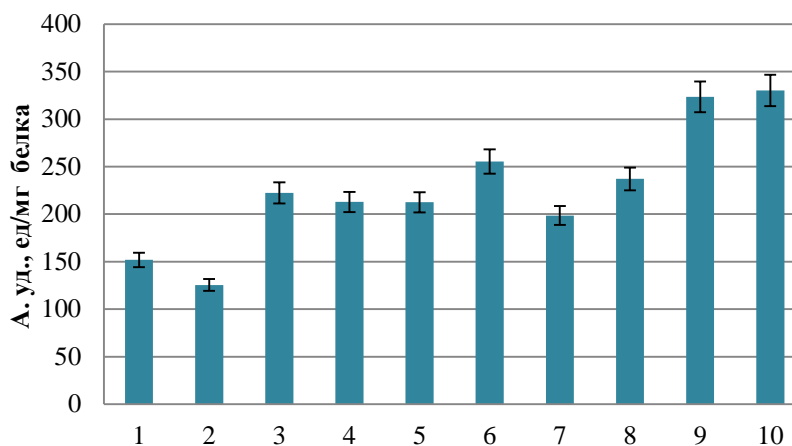
Наибольший стимулирующий эффект на проростки сои сорта МК 100 оказал ЭкстраКор: длина проростков, а также длина корня были больше относительно контроля на 1,4 см и 1,2 см соответственно. Таким образом, применение препаратов природного происхождения ускорило рост и развитие проростков сои, что особенно важно на начальной стадии онтогенеза, когда на проростки влияют самые различные факторы среды – пониженная и повышенная температура, переувлажнение почвы, гербицидная обработка и т.д.

3.3 Влияние гербицида Фронтьер и биологически активных веществ на пероксидазную активность проростков сои

В начальной фазе развития растение наиболее уязвимо к стрессовому воздействию, так как иммунная система растения только начинает формироваться. Снизить повреждение, вызванное действием стресса, в частности гер-

бицида, можно с помощью соединений, регулирующих рост и снижающих негативное воздействие на растения (Креславский, 2007).

При совместном применении гербицида и биологически активных препаратов активность пероксидазы повышалась по сравнению с контролем и вариантом, где семена обрабатывали только гербицидом (рис. 6).



1 – контроль (семена, обработанные дистиллированной водой); 2 – Фронтьер (0,001 %); 3 – БиоЛарикс; 4 – БиоЛарикс + Фронтьер (0,001 %); 5 – ЭкоЛарикс; 6 – ЭкоЛарикс + Фронтьер (0,001 %); 7 – ЭкстраКор; 8 – ЭкстраКор + Фронтьер (0,001 %); 9 – Бетулин; 10 – Бетулин + Фронтьер (0,001 %)

Рис. 6. Удельная активность пероксидазы проростков сои

Так, при проращивании семян с добавлением препаратов БиоЛарикс, ЭкоЛарикс, ЭкстраКор и Бетулин из расчета 20 г/т без добавления гербицида удельная активность пероксидазы была выше относительно варианта с применением гербицида в 1,8; 1,7; 1,6; 2,6 раза соответственно. Использование биологически активных препаратов совместно с гербицидом в вариантах: БиоЛарикс + Фронтьер; ЭкоЛарикс + Фронтьер; ЭкстраКор + Фронтьер и Бетулин + Фронтьер также способствовало увеличению удельной активности изучаемого фермента в 1,7; 2; 1,9; 2,6 раза по сравнению с вариантом, где проращивание проводили только при внесении гербицида. Гербицид Фронтьер вызывал снижение относительно контроля удельной активности пероксидазы в проростках сои на 17,3 %. Следовательно, биопрепараты обеспечивали устойчивость растений к отрицательному воздействию гербицидов путем повышения активности пероксидазы. Это привело к увеличению длины проростков – на 8,4 и 8,2 см ($НСР_{05}=4,8$ см) при использовании препаратов

БиоЛарикс и Бетулин соответственно относительно применения только гербицида Фронтьер (табл. 5).

Таблица 5 – Биометрические показатели проростков сои, полученных в условиях проращивания с добавлением гербицида Фронтьер (0,001 %) и биологически активных веществ (из расчета 20 г/т)

Вариант	Длина проростка, см	Длина корня, см	Масса проростка, г	Масса корня, г
Контроль	12,2	6,3	0,65	0,13
Фронтьер	4,2	1,9	0,52	0,07
БиоЛарикс	12,6	6,8	0,67	0,15
БиоЛарикс + Фронтьер	6,1	2,0	0,53	0,07
ЭкоЛарикс	7,5	3,8	0,53	0,39
ЭкоЛарикс + Фронтьер	5,6	1,9	0,45	0,04
ЭкстраКор	11,0	5,7	0,70	1,04
ЭкстраКор + Фронтьер	6,0	1,7	0,52	0,06
Бетулин	12,4	6,4	0,65	0,13
Бетулин + Фронтьер	5,7	1,8	0,49	0,07
НСР ₀₅	4,8 см	3,4 см	0,19 г	0,11 г

При применении данных препаратов также выявлена наибольшая длина корня: в варианте с использованием БиоЛарикса она составила 6,8 см, с Бетулином – 6,4 см, напротив контроля – 6,3 см и варианта с применением гербицида Фронтьер – 1,9 см. Наибольшая масса корня, превышающая на 0,91 г контроль и на 0,97 г (НСР₀₅=0,11) вариант с использованием гербицида, была достигнута с применением только препарата ЭкстраКор. Отрицательное действие Фронтьера подтверждено и данными биометрических показателей проростков сои: длина проростков снизилась на 8,0 см (НСР₀₅=4,8 см), корня – на 4,4 см (НСР₀₅=3,4 см) по сравнению с контролем.

Таким образом, применение биологически активных веществ и гербицида вызывают изменение в метаболизме проростков, подтверждаемое различиями по активности фермента пероксидазы и существенными изменениями ростовых процессов в зависимости от изучаемого фактора, что может служить биоиндикатором устойчивости растений к гербицидному воздействию.

Глава 4. АДАПТАЦИЯ РАСТЕНИЙ СОИ К ВОЗДЕЙСТВИЮ ГЕРБИЦИДОВ ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УСЛОВИЙ ВЫРАЩИВАНИЯ

Важным направлением научно-исследовательских работ при расширении применения химических средств защиты растений в сельскохозяйственной практике остается выявление специализированного действия гербицидов не только на сорняки, но и на культурные растения для установления влияния на физиологические процессы, происходящие в сельскохозяйственных растениях, рост и развитие, формирование урожайности (Синеговская, 2018).

Применение эндогенных биостимуляторов, созданных только на растительной основе, позволяют обеспечить низкие дозы расхода гербицидов, создать экологическую резистентность к вредителям и болезням, а также повышать иммунитет растений к различным неблагоприятным факторам среды (Шаповал и др., 2008).

4.1 Адаптация растений сои сорта МК 100 к воздействию гербицида Пульсар при применении биологически активных веществ

4.1.1 Оценка влияния биологически активных веществ на физиологические процессы растений сои с использованием БПЛА марки и многоспектральной камеры

В современном сельском хозяйстве становится все более распространенным использование беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), которые являются платформой для сбора данных и незаменимым инновационным измерительным инструментом для решения многих задач в данной отрасли. Набор модулей, сенсоров и программного обеспечения позволяют вести автоматический мониторинг полей, а также с помощью мультиспектральных камер производить анализ растительности, расчет индекса вегетации, содержания хлорофилла в листьях, выносить заключения по здоровью растений в целом и прогнозировать их урожайность. Данный метод применяется в круп-

ных масштабах, для унифицирования с максимальной точностью зоны с наихудшей растительностью (Boiarskii, 2019).

Использование индекса NDVI (нормализованный относительный индекс растительности) в сельском хозяйстве стремительно развивается, и вопрос внедрения этих технологий в сферу сельского хозяйства становится всё более актуальным. Современные аппаратные средства, такие как дроны и мультиспектральные камеры, делают анализ более информативным и значительно расширяют их спектр применения в сельском хозяйстве (Whelan et al., 2012). Наиболее полезен на ранних фазах развития и роста растений индекс NDVI, который указывает на состояние здоровья сельскохозяйственных культур (например, отставание в росте и развитии или наличие заболеваний сельскохозяйственных культур). Данный показатель измеряется по отражению в ближнем инфракрасном спектре (NIR) и красном спектре, которые обычно используются для обозначения зелёности растительности. Таким образом, NDVI – индекс, по которому можно судить о развитии зеленой массы растений во время вегетации (Tucker CJ, 1979).

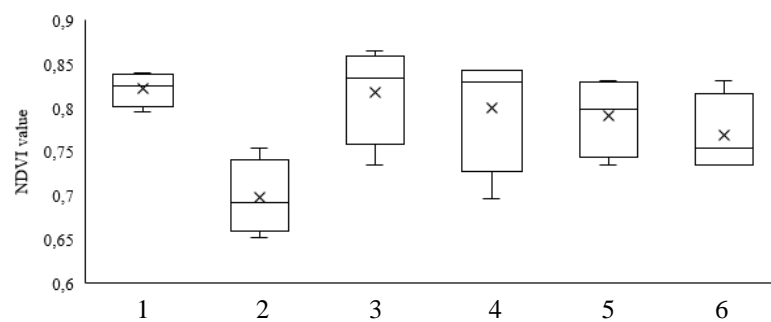
В процессе исследований был применен способ расчета индекса по сетке в каждом отдельном блоке, на основе делянок в опыте с гербицидной обработкой и обработкой семян биологически активными веществами – БиоЛарикс и ЭкстраКор. Произведен расчет индекса NDVI по среднему значению, а также для проверки рассчитан индекс NDRE. После предварительной обработки изображений были получены карты с усредненными значениями индекса отдельно для каждого блока-делянки (рис. 7).

Известно, что максимальный показатель индекса NDVI равен 1, чем ближе к этому показателю, тем лучше состояние развития растительности в данной области (Berni J et al., 2009; Carlson et al., 1997).

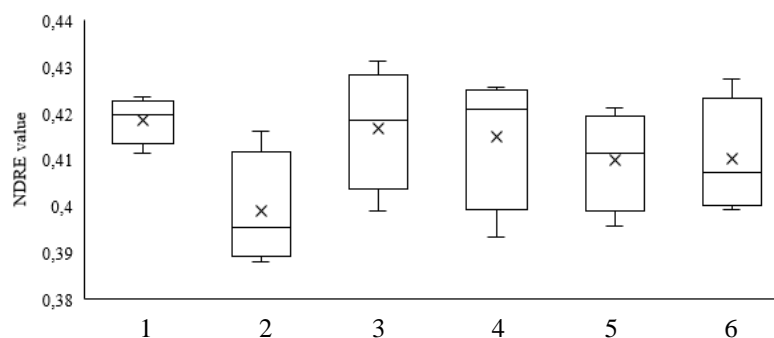


Рис. 7. Карта с расчетным индексом NDVI

На основе полученной карты проанализированы данные в QGIS программе, а затем проведен их сравнительный анализ в формате диаграммы “ящик с усами” (рис. 8). По данным отражений разных длин волн были рассчитаны числовые значения индексов, по которым была проведена оценка развития растений сои. Наименьшее их значение было отмечено в варианте с применением гербицида Пульсар. Максимальный показатель по NDVI, при применении гербицида составил 0,75, тогда как в вариантах с обработкой семян биопрепаратами БиоЛарикс и ЭкстраКор максимальный показатель доходил до 0,86, что является существенной разницей. NDRE так же указал на угнетенность растительности на делянках с применением гербицида Пульсар, значения варьировались от 0,39 до 0,41.



Б



1 – контроль (без обработки); 2 – Пульсар (0,8 л/га); 3 – БиоЛарикс (20г/т); 4 – БиоЛарикс (20г/т) + Пульсар (0,8 л/га); 5 – ЭкстраКор (20 г/т); 6 – ЭкстраКор (20 г/т) + Пульсар (0,8 л/га)

Рис. 8. Числовые значения индексов: А – NDVI, Б – NDRE

По NDVI коэффициент детерминации R^2 составил 0.6, для NDRE – 0.3 (прил. 2). Для положительной корреляции значение R^2 должно составлять более 0,5, в случае с высокой детерминацией можно составить модель предсказания урожайности по NDVI.

Таким образом, полученные данные с помощью применения беспилотного летательного аппарата подтверждают угнетение физиологических процессов растений сои при гербицидной нагрузке.

4.1.2 Влияние гербицида Пульсар на пероксидазную активность в листьях растений сои сорта МК 100

Адаптация, как отдельных растений, так и агроценозов в целом определяется не только генотипом, но и комплексом факторов, воздействующих на растительный организм (Шевелуха, 1992). Используемые в борьбе с сорной растительностью химические средства защиты растений приводят не только

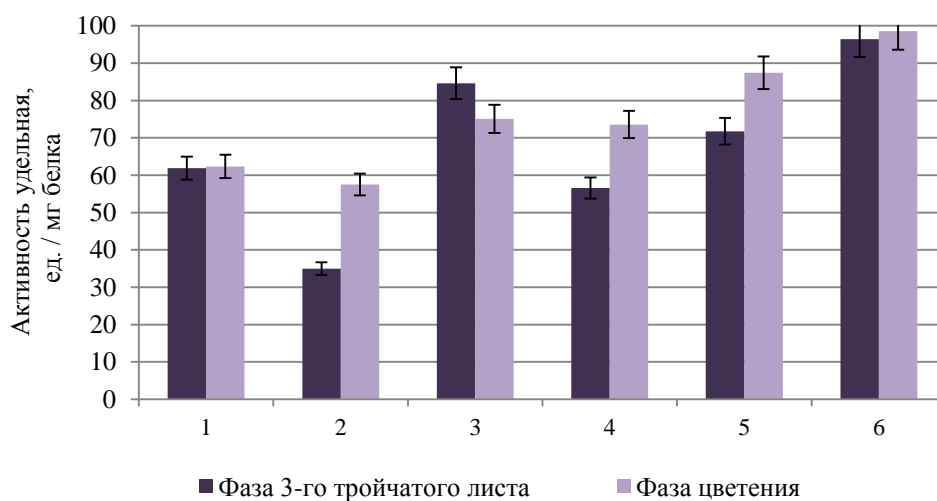
к ее уничтожению, но, одновременно оказывают воздействие на культивируемые растения. Те в свою очередь, несут энергетические затраты на реализацию защитных биохимических реакций, направленных на уменьшение стрессового воздействия гербицидов. Однако это неизбежно приводит к снижению их биологической продуктивности и ухудшению технологических свойств полученного урожая. Это было показано рядом авторов, изучавших влияние гербицидов на физиологическое состояние и биохимические показатели сельскохозяйственных культур (Гарькова, Русяева, Нуштаева, Аросланкина, Лукаткин, 2011; Синеговская, Душко, Иваченко, 2012; Кшникаткина, Юров, 2013; Баев, Шелманова, Максимюк, 2014).

В настоящее время широкое распространение в сельском хозяйстве получил гербицид Пульсар. Его используют для активной защиты бобовых растений от вредного воздействия двудольных и злаковых сорняков. Влияние этого гербицида на развитие сои изучено не достаточно.

Для оценки адаптации растений к воздействию стрессовых факторов, к числу которых относится и обработка гербицидами, большой интерес представляет изучение физиологических процессов на биохимическом уровне. Важное место в защитных реакциях растений сои от неблагоприятных факторов принадлежит антиоксидантным системам, в том числе пероксидазе, которая наряду с антиоксидантной функцией обеспечивает протекание многих других реакций. Её активность можно использовать для изучения биохимической адаптации сои к абиотическим и антропогенным факторам среды (Иваченко, 2012).

Исследованиями, проведенными в Амурской области в южной зоне возделывания при совместном применении предпосевной обработки семян биологически активными веществами (БиоЛарикс и ЭкстраКор) и гербицида Пульсар по вегетирующим растениям, а также в зависимости от сложившихся погодных условий установлены некоторые изменения в удельной активности фермента пероксидазы в листьях растений сои сорта МК 100.

В среднем за три года исследований (2016-2018 гг.) в контрольных вариантах в фазу третьего тройчатого листа и цветения не наблюдалось значительных различий удельной активности пероксидазы (рис. 9).



1 – контроль (без обработки); 2 – Пульсар (0,8 л/га); 3 – БиоЛарикс (20г/т); 4 – БиоЛарикс (20г/т)+ Пульсар (0,8 л/га); 5 – ЭкстраКор(20 г/т); 6 – ЭкстраКор (20 г/т) + Пульсар(0,8 л/га)

Рис. 9. Активность пероксидазы в листьях сои сорта МК 100 при совместном применении биологически активных веществ и гербицида Пульсар, среднее за 2016 –2018 гг.

В фазу цветения в 2016 г недостаток влаги привел к повышению удельной активности фермента в контроле – на 24% относительно фазы 3-го тройчатого листа. В 2017-2018 гг. переувлажнение почвы способствовало замедлению активности фермента, что соответствует литературным данным. Наиболее неблагоприятным для роста и развития сои был вегетационный период 2018 года (прил. 3).

Механизм действия гербицида Пульсар основано на поглощении листьями и корневой системой сорняков входящего в его состав действующего вещества имазамокса, который приводит к ингибированию синтеза ряда аминокислот. Через 14 часов после обработки вегетирующих растений сои гербицидом Пульсар, отмечено снижение удельной активности изучаемого фермента в фазу 3-го тройчатого листа, независимо от года исследований. В среднем данный показатель снизился относительно контроля на 43,5% в фазу третьего тройчатого листа и на 7,3% в фазу цветения, что говорит о сильном

отрицательном воздействии изучаемого гербицида. Наименьшее значение (28,1 ед. / мг белка) было отмечено в 2018 г. (прил. 3).

В целом, удельная активность фермента в вариантах, полученных в 2018 году, получена низкая независимо от фазы развития, так как по влагообеспеченности данный вегетационный период не соответствовал норме, требуемой для культуры сои. Выпадение осадков было неравномерным – в отдельные периоды наблюдался недостаток влаги, в отдельные – избыток.

Повышению удельной активности фермента способствовало применение предпосевной обработки семян природными препаратами, независимо от фазы развития растений сои.

Природный стимулятор роста растений БиоЛарикс представляет собой водорастворимый концентрат листовничной смолы с высокой фунгицидной активностью. Действующие вещества препарата проникают через листовую поверхность в корневую систему и активируют процессы, позволяющие растениям усваивать ранее недоступные минеральные вещества. Исследования, проведенные в 2016 – 2018 гг. показали, что данный препарат привел к активации обменных процессов, протекающих в клетках растений, на что указывает повышение уровня удельной активности пероксидазы. В фазу третьего тройчатого листа в среднем за три года исследований активность фермента увеличилась относительно применения гербицидной обработки в 2,4 раза, в фазу цветения – в 1,3 раза. Наибольшие показатели удельной активности фермента (101,3 и 102,8 ед. / мг белка) были отмечены в вариантах с применением препарата БиоЛарикс в условиях 2016-2017 гг. в фазу третьего тройчатого листа по сравнению с контролем, а в фазу цветения повышение активности фермента было только в 2016 г. (94,2 ед./мг белка).

Совместное применение гербицида и препарата природного происхождения привело к снижению стрессового воздействия гербицида Пульсар на растения, о чем свидетельствует увеличение активности фермента, что связано с усилением метаболических процессов. В среднем за годы исследований совместное применение препарата БиоЛарикс и гербицида Пульсар способ-

ствовало повышению относительно применения одного гербицида на 61,7 % в фазу третьего тройчатого листа и на 28 % – в фазу цветения.

Наиболее высокая удельная активность (82,5 ед./мг белка) была выявлена в варианте с обработкой БиоЛарикс + Пульсар в 2016-2017 гг. в фазу цветения. Наименьшая активность изучаемого фермента (41,7 ед./мг белка), была установлена при совместном влиянии гербицида и препарата в 2018 г., что также связано с неблагоприятными погодными условиями вегетационного периода.

Предпосевная обработка семян ЭкстраКором также способствовала повышению адаптивного потенциала растений сои, что подтверждается увеличением удельной активности фермента пероксидазы. В среднем в фазу третьего тройчатого листа удельная активность пероксидазы увеличилась в 2 раза относительно применения гербицидной обработки, в фазу цветения – в 1,5 раза. Совместное применение природного препарата ЭкстраКор и гербицида Пульсар привело к активации обменных процессов, на что указывает повышение удельной активности фермента в изучаемые фазы развития растений сои.

В фазу третьего тройчатого листа в среднем за три года исследований активность фермента увеличилась относительно применения гербицидной обработки в 2,7 раза, в фазу цветения – в 1,7 раза, что обеспечило устойчивость растений к гербицидам и способствовало снижению экологической нагрузки на формирующийся урожай семян сои. Таким образом, применение гербицида Пульсар в дозе 0,8 л/га по вегетирующим растениям, а также влияние сложившихся погодных условий в годы исследований, оказали негативное воздействие на растения сои, что подтверждается снижением удельной активности изучаемого фермента в листьях. Уменьшению неблагоприятных воздействий гербицида способствовало применение биологически активных препаратов БиоЛарикс и ЭкстраКор, которые привели к мобилизации защитных механизмов растений, противостоящие отрицательному воздействию на растения сои, что способствовало их адаптации на клеточном уровне.

4.1.3 Рост и развитие растений сои под воздействием биологически активных веществ и гербицида

На индивидуальную продуктивность растений влияют условия, при которых происходит формирование элементов структуры урожайности, имеющие сложную взаимосвязь: увеличение одного из показателей продуктивности растений не всегда может давать прибавку урожая семян. Только при оптимальном соотношении всех элементов структуры урожайности на фоне рационального сочетания агротехнических приемов обеспечивается получение наибольшей продуктивности растений (Щучка, 2016).

С помощью предпосевной обработки семян и вегетирующих растений биопрепаратами можно регулировать рост и развитие растений, так как данные вещества позволяют воздействовать на интенсивность и направленность физиологических процессов в растениях, повышают их урожайность, улучшают качество семян (Хохоева, 2015).

Летний период 2016 года характеризовался неустойчивым температурным режимом, частыми дождями, высокой относительной влажностью воздуха. Растения на протяжении всего вегетационного периода испытывали как одновременное, так и чередующееся действие нескольких стрессовых факторов – как антропогенных, так и абиотической природы. Развитие растений сои происходило несколько замедленно, что в конечном итоге сказалось на продуктивности растений. Предпосевная обработка семян сои природным препаратом БиоЛарикс, способствовала снижению негативного воздействия гербицида Пульсар на растения сои, и оказала положительное влияние на их рост и развитие. В результате этого количество бобов и семян увеличилось на 1,9...3,8 шт. и 5,8...6,1 шт. на каждом растении соответственно, масса семян с 1 растения – на 0,6...0,9 г. Наилучшие биометрические показатели были получены в вариантах с применением предпосевной обработки семян препаратом ЭкстраКор, где количество бобов увеличилось на 2,5...4,3 шт., семян на 4,9...7,5 шт. на каждом растении, масса семян с 1 растения – на 1,0...1,2 г. (прил. 4).

В 2017 году несколько повышенный температурный режим в период вегетации способствовал накоплению тепла, в результате чего отмечено интенсивное развитие растений сои. В зависимости от применения БиоЛарикса количество бобов и семян сои сорта МК 100 увеличилось на 1,3...2,0 шт. и 4,3...9,4 шт. на каждом растении соответственно, масса зерна с 1 растения – на 0,86...1,39 г. Препарат ЭкстраКор способствовал увеличению количества бобов на 6,5...7,8 шт., семян на 17,8...20,2 шт. на каждом растении и массе зерна с 1 растения – на 2,8...3,3 г.

В сложных погодных-климатических условиях 2018 года применяемые вещества не оказали воздействия на количество бобов и семян сои сорта МК 100, массу зерна с 1 растения. Разница между вариантами по этим показателям находилась в пределах ошибки опыта.

В среднем за три года исследований наилучшие результаты были получены при использовании препарата ЭкстраКор для предпосевной обработки семян, где количество бобов увеличилось на 2,5...3,3 шт., семян на 7,7...9,2 шт. на каждом растении, масса семян с 1 растения – на 1,3...1,44 г. по сравнению с контролем (табл. 6).

Таблица 6 – Биометрические показатели растений сои сорта МК 100, среднее за 2016-2018 гг.

Вариант	Высота, см	Количество, шт / 1 раст.		Масса семян с 1 растения
		бобов	зерен	
Контроль	75,5	27,2	49,8	8,05
Пульсар (0,8л/га)	69,2	30,7	57,5	9,07
БиоЛарикс (20 г/т)	74,2	27,2	53,0	8,64
БиоЛарикс (20 г/т) + Пульсар (0,8л/га)	70,4	28,4	54,9	8,76
ЭкстраКор (20 г/т)	74,6	30,5	59,0	9,49
ЭкстраКор (20 г/т) + Пульсар (0,8л/га)	73,6	29,7	57,5	9,31
НСР ₀₅		2,4	5,3	

Изучаемые биопрепараты за счет снижения негативного воздействия гербицида Пульсар на растения в условиях 2016-2018 гг. оказали влияние на продуктивность растений сои. В 2016 г. урожайность зерна сорта МК 100 в зависимости от применения препарата БиоЛарикс изменялась от 2,13 до 2,24

т/га. Сбор зерна в вариантах с препаратом повысился – на 0,15...0,26 т/га (НСР₀₅=0,24 т/га) по сравнению с контролем. При предпосевной обработке семян препаратом ЭкстраКор урожайность сои повысилась относительно контрольного варианта на 0,36...0,46 т/га и относительно применения гербицида – на 0,10...0,20 т/га. Наибольший показатель (2,44 т/га) был получен в варианте с применением ЭкстраКора без гербицидной обработки (прил. 5).

Погодные условия 2017 г. благоприятствовали развитию растений, что в итоге отразилось на урожайности изучаемого сорта сои. При обработке семян препаратом БиоЛарикс урожайность сои сорта МК 100 изменялась от 2,48 до 2,55 т/га. Сбор зерна в вариантах с препаратом повысился – на 0,35...0,42 т/га (НСР₀₅=0,30 т/га) по сравнению с контролем. В зависимости от применения препарата ЭкстраКор урожайность сои сорта МК 100 повысилась на 0,56...0,61 т/га относительно контрольного варианта и на 0,27...0,32 – применения гербицида Пульсар. Наибольший показатель биологической урожайности (2,74 т/га) был получен в варианте с использованием предпосевной обработки семян препаратом ЭкстраКор без гербицидной обработки (прил. 5).

В сложных погодно-климатических условиях 2018 г. изучаемые био-препараты не способствовали повышению продуктивности растений сои, но снизили токсическое воздействие гербицида Пульсара. Урожайность сои сорта МК 100 изменялась от 2,90 до 3,20 т/га. Применение гербицида Пульсар по вегетирующим растениям сои способствовало снижению урожайности зерна на 0,30 т/га по сравнению с контролем (НСР₀₅ = 0,26 т/га). Использование препаратов для предпосевной обработки семян позволило повысить относительно гербицидной обработки урожайность изучаемого сорта сои на 0,23...0,30 т/га. Сбор зерна в вариантах с препаратами был на уровне контрольного варианта опыта (прил. 5).

В среднем за три года исследований природные препараты БиоЛарикс и ЭкстраКор способствовали снижению неблагоприятного воздействия гербицида Пульсар на сою, что оказало положительное влияние на продуктив-

ность среднеспелого сорта сои МК 100. Урожайность зерна изучаемого сорта сои в зависимости от применения препаратов БиоЛарикс и ЭкстраКор повысилась на 0,16...0,19 т/га и 0,30...0,34 т/га соответственно по сравнению с контролем (табл. 7).

Таблица 7 – Биологическая урожайность зерна сои сорта МК 100, среднее за 2016-2018 гг.

Вариант	Биологическая урожайность, т/га	
	среднее	прибавка
Контроль	2,44	-
Пульсар (0,8л/га)	2,52	0,08
БиоЛарикс (20 г/т)	2,60	0,16
БиоЛарикс (20 г/т) + Пульсар (0,8л/га)	2,63	0,19
ЭкстраКор (20 г/т)	2,78	0,34
ЭкстраКор (20 г/т) + Пульсар (0,8л/га)	2,74	0,30
НСР ₀₅ , т/га	0,17	

Таким образом, применение биологических препаратов БиоЛарикс и ЭкстраКор на ранних стадиях онтогенеза путем предпосевной обработки семян способствует повышению интенсивности обменных процессов при прорастании и более эффективному использованию запасных веществ семени. В результате активизируется рост и развитие проростков, повышается их жизнеспособность и, как следствие, продуктивность самого растения.

4.1.4 Влияние биологически активных веществ и гербицида на биохимический состав сои сорта МК 100

Соя – основная белково-масличная культура современного мирового земледелия, которая не имеет себе равных по содержанию биологически ценного белка и жира в семенах. Благодаря биохимическому составу семян она широко используется во всем мире для восполнения белкового дефицита и сбалансированности питания по белку. Известно, что содержание белка и его аминокислотный состав могут меняться в зависимости от вида, разновидности или сорта, что обусловлено, в первую очередь, генетическими различиями. Однако исследованиями отечественных и зарубежных ученых установлено, что одним из немаловажных факторов, оказывающим влияние на

химический состав растений, является климат. Переувлажнение почвы приводит к снижению содержания белка в семенах, что объясняется снижением концентрации почвенного раствора. Это тормозит поступление азота в растениях, что приводит к уменьшению в семенах количества белка и увеличению количества крахмала (Селихова, 2003). Кроме того, содержание и состав белков варьируют также в зависимости от агрономических и физиологических условий роста и развития растений (Шведов, 2004 г.; Медведева, Бабарыкина, 2006; Демиденко, 2015 г.; Давиденко, Быкова, 2017).

Повышенное внимание со стороны исследователей и переработчиков стало уделяться составу соевого масла. Соевое масло содержит 95 % высших жирных кислот, среди которых ненасыщенных 80-94 %, насыщенных – 6-20 %. Ненасыщенные жирные кислоты, и, особенно полиненасыщенные – линолевая (44-59 %) и линоленовая (2,3 %), являются незаменимыми для организма и определяют современные представления о качестве растительного масла (Петибская и др., 2000 г.). Линолевая кислота – физиологически активная, играющая важную роль в холестеринном обмене. Линоленовая кислота также является физиологически активной, но обладает особым биопотенциалом – приводит к быстрому окислению масла и появлению у него резкого неприятного запаха (T. Hashiguchi, M. Hashiguchi, H. Tanaka, et al., 2020). В то же время данная кислота придает холодоустойчивость семенам в период прорастания и может служить маркерным признаком при отборе. Повышенное содержание этих кислот в масле сои сортов Дальнего Востока определяется тем, что в период маслообразования в семенах наблюдаются сравнительно невысокая температура воздуха и обильное количество осадков. Поэтому лучшими считаются сорта сои с пониженным содержанием линоленовой кислоты. Главная ненасыщенная жирная кислота в семенах сои – олеиновая. Ее содержание составляет от 25 до 32% от их общего количества. Максимально возможное содержание этой ценной мононенасыщенной жирной кислоты должно привести к уменьшению общего содержания насыщен-

ных жирных кислот и улучшить качество масла для пищевого потребления (Петибская и др., 2000 г.).

Установлено, что воздействие гербицида Пульсар на растения сои, привело к снижению содержания общего белка в полученных семенах на 1,7 % по сравнению с контролем (табл. 8, прил. 6).

Таблица 8 – Влияние биологически активных веществ на аминокислотный состав белка в семенах сои сорта МК 100 (%), среднее за 2017-2018 г.

Вариант	Общий белок					
	всего	в т.ч. аминокислоты				
		гистидин	лейцин	метил гистидин	валин	тирозин
Контроль (без обработки)	38,63	6,34	8,03	1,56	6,64	4,01
Пульсар (0,8 л/га)	36,94	7,49	8,21	1,50	6,80	3,86
БиоЛарикс (20 г/т)	38,84	7,95	8,08	1,64	6,75	3,90
БиоЛарикс (20 г/т) + Пульсар (0,8 л/га)	38,76	7,10	8,17	1,56	6,26	3,86
ЭкстраКор (20 г/т)	38,88	7,56	7,96	1,69	6,69	3,88
ЭкстраКор (20 г/т) + Пульсар (0,8 л/га)	39,25	6,38	8,18	1,61	6,49	4,41

Обработка семян биологическими препаратами привела к снижению стрессового воздействия гербицида Пульсар на растения сои, что способствовало повышению качества семян. Содержание общего белка в семенах сои сорта МК 100 повысилось до 0,62 % по сравнению с контрольным вариантом и на 1,82...2,31 % – относительно применения гербицида. Наибольший показатель (39,25 %) был отмечен в варианте при предпосевной обработке семян препаратом ЭкстраКор и вегетирующих растений гербицидом Пульсар, что является показателем снижения стрессового воздействия гербицида на растения сои.

Применение препаратов природного происхождения оказало влияние и на аминокислотный состав белка. Препарат БиоЛарикс повысил содержание гистидина на 1,61 %. Обработка семян препаратом ЭкстраКор привела к повышению гистидина и тирозина на 1,22 и 0,4 % соответственно.

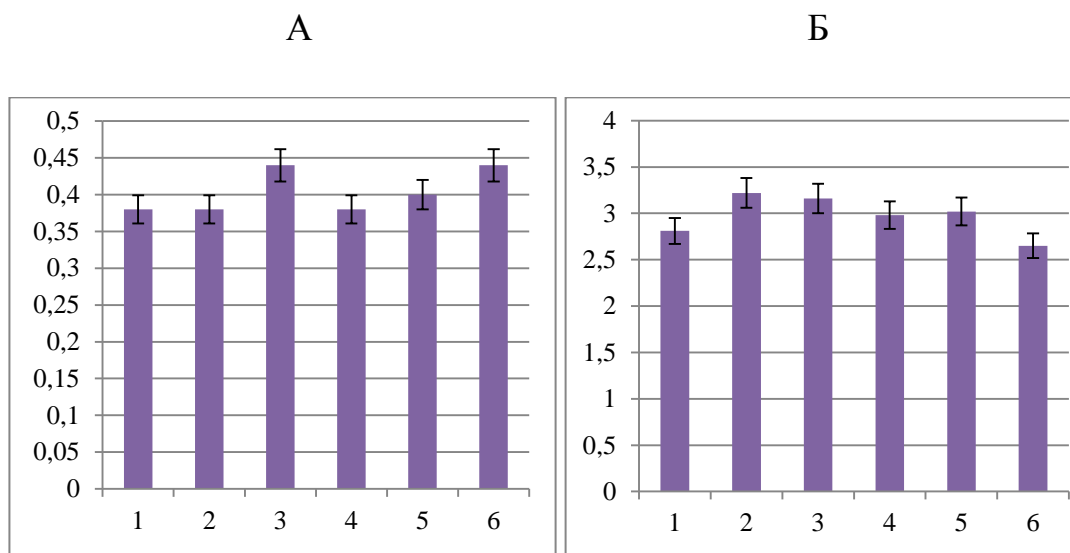
Применение гербицида Пульсар показало, что в среднем за три года исследований по содержанию жира в семенах сои колебания были менее заметными, чем по содержанию белка. Данный показатель при гербицидной обработке по сравнению с контролем (19,55 %) снизился на 0,76 % и составил 18,79 %. Отмечены определенные изменения по количеству отдельных жирных кислот. Применение гербицида способствовало повышению содержания линоленовой кислоты на 1,43 % и значительному понижению олеиновой кислоты – на 2,35 %, по сравнению с контролем (табл. 9).

Таблица 9 – Влияние биологически активных веществ на количественный и качественный состав жира в семенах сорта сои МК 100, (%), среднее за 2016-2018 гг.

Вариант	Жир				
	всего	в т.ч жирные кислоты			
		линоленовая кислота	линолевая кислота	олеиновая кислота	стеариновая кислота
Контроль (без обработки)	19,55	5,79	52,45	15,53	3,95
Пульсар (0,8 л/га)	18,79	7,22	51,99	13,18	3,91
БиоЛарикс (20 г/т)	19,56	6,12	52,55	11,71	3,92
БиоЛарикс (20 г/т) + Пульсар (0,8 л/га)	19,66	6,15	52,44	14,19	3,91
ЭкстраКор (20 г/т)	19,43	6,32	52,48	14,01	3,91
ЭкстраКор (20 г/т) + Пульсар (0,8 л/га)	19,41	6,36	52,80	18,11	4,03

Обработка семян препаратом БиоЛарикс способствовала повышению содержания линоленовой кислоты на 0,33...0,36 %, а ЭкстраКор оказал влияние на содержание всех жирных кислот. Отмечено повышение содержания линоленовой, линолевой, олеиновой кислот на 0,73; 0,8 и 4,13 % соответственно.

Наряду с изменениями в содержании общего белка, аминокислотного состава, жира и жирокислотного состава в семенах сои сорта МК 100 после обработок изучаемыми препаратами, были также отмечены изменения основных макроэлементов (рис. 10).



А – содержание фосфора, Б – содержание калия, %

1 – Контроль, 2 – Пульсар, 3 – БиоЛарикс, 4 – БиоЛарикс+Пульсар, 5 – ЭкстраКор, 6 – ЭкстраКор+Пульсар

Рис. 10. Содержание макроэлементов в семенах сорта сои МК 100 при влиянии биологически активных веществ, среднее за 2017-2018 гг.

Содержание калия изменялось в зависимости от применения исследуемых природных веществ и гербицида: если в варианте с препаратами БиоЛарикс и ЭкстраКор содержание калия увеличилось на 0,35 и 0,21 %, то воздействие гербицида Пульсар привело к снижению данного макроэлемента на 0,18 и 0,37 % соответственно. Повышение содержания фосфора в семенах, полученных после применения биологически активных веществ, было незначительное – на 0,02...0,06 % по сравнению с контролем.

4.1.5 Влияние биологически активных веществ и гербицида на посевные качества семян

Хорошо подготовленные семена имеют высокую энергию прорастания и дают дружные всходы в полевых условиях. В настоящее время биопрепараты становятся необходимым элементом технологии выращивания сельскохозяйственных культур, снижая воздействие стрессоров и повышая иммунитет растений. Предпосевная обработка семян, а затем опрыскивание вегетирующих растений дает положительный эффект, снижая воздействие химических

веществ, в том числе гербицидов, оказывая иммуномодулирующий эффект и повышая стрессоустойчивость. Влияние последствий обработки препаратами семян и вегетирующих растений на рост и развитие в последующий год изучено недостаточно (Зольникова, 2016).

Нами исследовано последствие обработки растений сои БАВ и гербицида Пульсар на посевные качества полученного урожая. В среднем за два года исследований применение биологически активных веществ: БиоЛарикс и ЭкстраКор, привело к мобилизации защитных механизмов растений, противостоящие отрицательному воздействию, снизило токсическую нагрузку, что обеспечило усиление репродуктивной активности растений сои. В результате этого энергия прорастания при применении препаратов БиоЛарикс и ЭкстраКор увеличилась на 3...5 % по отношению к контролю и на 2...4 % – относительно применения гербицида. Максимальная лабораторная всхожесть (96%) была получена при предпосевной обработке семян препаратом БиоЛарикс (табл. 10).

Таблица 10 – Последствие обработки растений БАВ и гербицида Пульсар на посевные качества семян сои сорта МК 100, среднее за 2017-2018 гг., %

Вариант опыта	Энергия прорастания	Лабораторная всхожесть
Контроль (без обработки)	91	96
Пульсар (0,8 л/га)	92	94
БиоЛарикс (20 г/т)	96	97
БиоЛарикс (20 г/т) + Пульсар (0,8 л/га)	94	96
ЭкстраКор (20 г/т)	94	96
ЭкстраКор (20 г/т) + Пульсар (0,8 л/га)	95	95
НСР ₀₅ , %	4	3

Сила роста семян, согласно определению Международного общества по оценке семян, характеризует сумму тех свойств, которые определяют их активность и способность к прорастанию в широком диапазоне окружающих условий (Handbook of Seed Vigour Test Methods, 1995). Следствием многообразия определений термина «сила роста семян», является разнообразие методов ее оценки. Большинство определений силы роста семян основаны на оценке скорости или интенсивности роста проростков, а также их устойчиво-

сти к неблагоприятным условиям выращивания (Алексейчук, 2009). При определении силы роста семян установлено, что количество ненормально развитых проростков после совместной обработки семян гербицидом и природными препаратами снизилось на 1...4 % по сравнению с контрольным вариантом (табл. 11).

Таблица 11 – Влияние биологически активных веществ на первоначальный рост семян сои сорта МК 100, среднее за урожай 2017-2018 гг.

Вариант опыта	Ненормально проросшие семена, %	Длина проростка		
		Среднее значение, см	Размах вариации, %	Коэффициент вариации, %
Контроль	8	26,0	14	13,1
Пульсар (0,8л/га)*	6	27,3	14	11,8
БиоЛарикс (20 г/т)	7	24,1	24	17,5
БиоЛарикс (20 г/т) + Пульсар (0,8л/га) **	4	25,8	17	15,0
ЭкстраКор (20 г/т)***	5	28,5	17	11,7
ЭкстраКор (20 г/т) + Пульсар (0,8л/га) ****	6	25,0	15	16,2
НСР ₀₅ , см		1,05		

Примечание * боковые корни развиты не на всех растениях, ** травмировано подсемядольное колено, *** боковые корни хорошо развиты, **** боковые корни хорошо развиты

Наибольшие показатели длины проростков были отмечены после применения биологического препарата ЭкстраКор – на 2,5 см больше контрольных при НСР₀₅ = 1,05 см. Размах вариации составил 15,0...24,0 %, в контроле – 14 % (рис. 10).





Рис. 11. Длина 10-ти дневных проростков сои сорта МК 100.

При этом отмечено, что в вариантах с препаратом ЭкстраКор боковые корни на проростках сои хорошо развиты. Таким образом, получив преимущество в развитии после предпосевной обработки семян изучаемыми препаратами природного происхождения растения сои накопили запас прочности в опытных вариантах, который сохранился и в семенах.

4.2 Влияние биологически активных веществ и гербицида Пульсар на проростки и растения сои сорта Китросса

4.2.1 Влияние биологически активных веществ на пероксидазную активность и первоначальный рост проростков сои

Биологически активные соединения позволяют воздействовать на интенсивность и направленность физиологических процессов в растениях, повышать их урожайность, улучшать качество семян.

В результате исследований влияния биологически активных веществ на пероксидазную активность проростков сои сорта Китросса установлено, что наибольший положительный эффект оказал препарат природного происхождения ЭкстраКор (д.в. проантоцианидины+пара-оксибензойная кислота+дигидрокверцетин). Активность изучаемого фермента при данной обработке была выше относительно контроля на 21,3 ед./мг белка, что указывает на усиление обменных процессов. При обработке семян Бетулином удельная

активность пероксидазы по сравнению с контролем увеличилась на 3,2% (рис. 12).

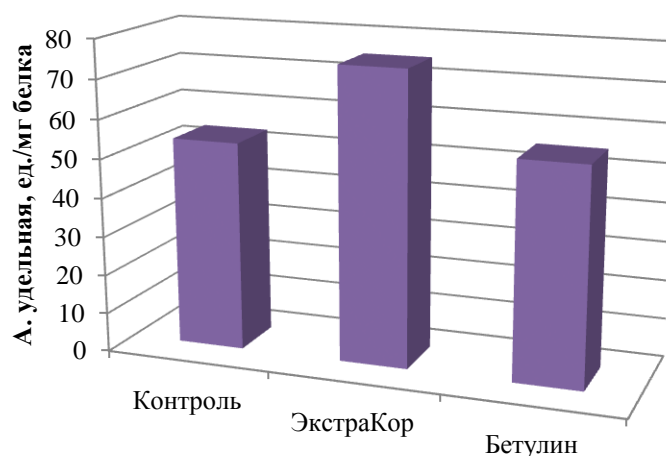


Рис. 12 – Активность пероксидазы семян сои сорта Китросса в условиях проращивания в течение 5-ти суток с добавлением биологически активных веществ

Следовательно, стимулирование ростовых процессов биологически активными веществами происходит при проращивании семян на ранних этапах онтогенеза, что значительно влияет на дальнейшее развитие проростков и мобилизует систему антиоксидантной защиты растений. Обработка семян сои сорта Китросса биологически активными веществами Бетулин и ЭкстраКор оказала положительное влияние на их проращивание. Количество ненормально развитых проростков в среднем за три года снизилось относительно контроля в 1,75 раза при обработке Бетулином и в 2,3 раза – ЭкстраКором (табл. 12).

Таблица 12 – Длина проростков при обработке семян сои сорта Китросса природными препаратами, среднее за 2017-2019 гг.

Вариант опыта	Ненормально развитые проростки, %	Длина проростка		
		среднее значение, см	размах вариации, %	коэффициент вариации, %
Контроль	7	22,6	15,0	18,4
Бетулин	4	23,1	14,0	19,9
ЭкстраКор	3	24,1	12,6	17,3
НСР ₀₅ , см		0,7		

Показатели длины проростков сои при обработке были в среднем на 0,5...1,5 см больше относительно контроля. Размах вариации в варианте с

применением препарата Бетулин составил 14 %, с применением ЭкстраКора – 12,6, в контроле – 15 %. Следовательно, природные препараты обеспечили хорошее и дружное прорастание семян.

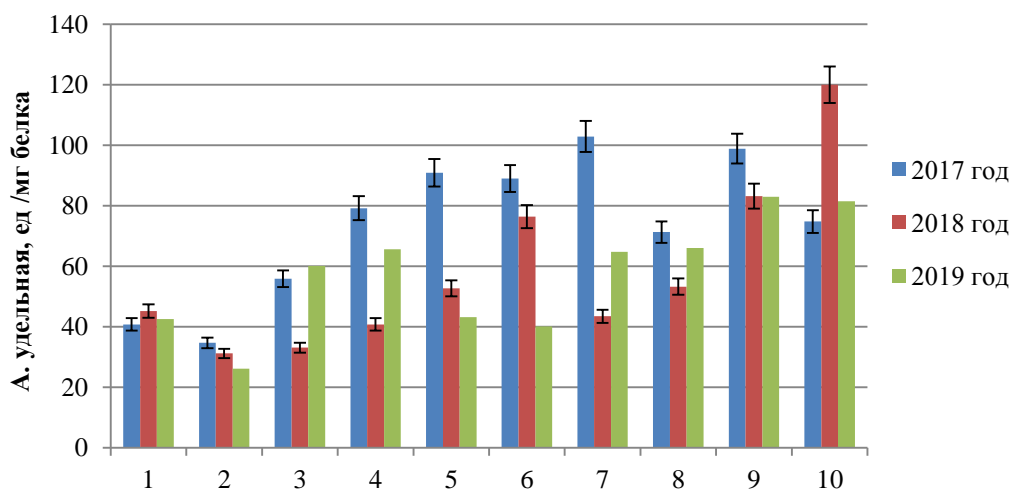
Таким образом, можно прогнозировать интенсивный рост и развитие растений сои после предпосевной обработки семян природными препаратами в полевых условиях, особенно на начальных этапах онтогенеза и, как следствие, получению в дальнейшем своевременных, полноценных всходов оптимальной густоты.

4.2.2 Влияние гербицида Пульсар на пероксидазную активность в листьях растений сои сорта Китросса

Реакция растений на повышение дозы гербицидов проявляется в нарушении нормального хода биохимических процессов, в том числе синтеза и функции ферментов.

В зависимости от применения гербицида Пульсар, природных препаратов ЭкстраКор и Бетулин, а также от метеорологических условий 2017-2019 гг. вегетационных периодов отмечены изменения удельной активности фермента пероксидазы в листьях сои сорта Китросса.

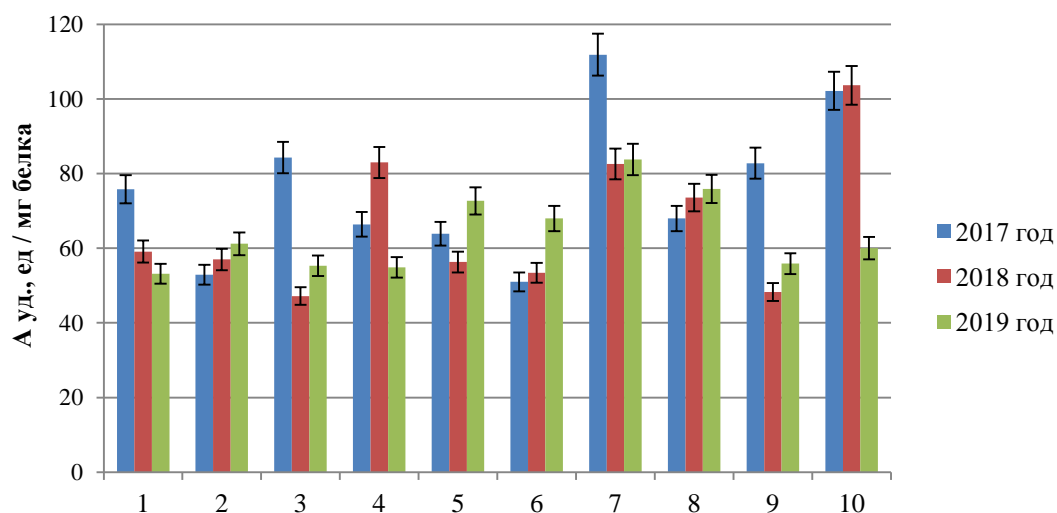
В 2017 г. обработка семян и вегетирующих растений сои сорта Китросса препаратами Бетулин и Экстракор способствовали увеличению активности фермента пероксидаз в листьях. В фазу 3-го тройчатого листа, в условиях с резкими перепадами дневных и ночных температур и недостатком влаги после обработки растений сои Пульсаром отмечено повышение активности фермента пероксидаз в 1,5...2,5% раза. Максимальная удельная активность фермента – 102,9 ед./мг белка зафиксирована в варианте с использованием Бетулина для предпосевной обработки семян и вегетирующих растений по сравнению с 40,8 ед./мг белка в контроле (рис. 12).



1 – контроль; 2 – Пульсар; 3 – Пульсар + Бетулин по вегетирующим растениям; 4 – Пульсар + ЭкстраКор по вегетирующим; 5 – Бетулин (семена); 6 – Бетулин+Пульсар; 7 – Бетулин (семена) + Пульсар + Бетулин по вегетирующим растениям; 8 – ЭкстраКор (семена); 9 – ЭкстраКор (семена) + Пульсар; 10 – ЭкстраКор (семена) + Пульсар + ЭкстраКор по вегетирующим растениям.

Рис. 13 – Активность пероксидазы в растениях сои сорта Китросса в фазу 3-го тройчатого листа при совместном применении биологически активных веществ и гербицида Пульсар

В фазу цветения удельная активность пероксидазы контрольного варианта повысилась в 1,8 раз относительно фазы 3-го тройчатого листа. Увеличение активности изучаемого фермента на 47,6 % относительно контроля было отмечено в варианте с предпосевной обработкой семян Бетулином и вегетирующих растений при совместном внесении гербицида Пульсар и в варианте с применением двойной обработки препаратом ЭкстраКор при совместном применении гербицида, что на 35 % выше контроля. Вероятно, применение биологически активных веществ Бетулина и ЭкстраКора способствовали усилению метаболических процессов и снижению отрицательного воздействия гербицида Пульсар на растения сои (рис. 14).



1 – контроль; 2 – Пульсар; 3 – Пульсар + Бетулин по вегетирующим растениям; 4 – Пульсар + ЭкстраКор по вегетирующим; 5 – Бетулин (семена); 6 – Бетулин+Пульсар; 7 – Бетулин (семена) + Пульсар + Бетулин по вегетирующим растениям; 8 – ЭкстраКор (семена); 9 – ЭкстраКор (семена) + Пульсар; 10 – ЭкстраКор (семена) + Пульсар + ЭкстраКор по вегетирующим растениям.

Рис. 14 – Активность пероксидаз в растениях сои сорта Китросса в фазу цветения при совместном применении биологически активных веществ и гербицида Пульсар.

В вегетационном периоде 2018 г., в условиях переувлажнения почвы, обработка семян и вегетирующих растений сои сорта Китросса препаратами Бетулин и ЭкстраКор в зависимости от варианта обработки привели к увеличению удельной активности пероксидазы в листьях, что указывает на стимуляцию биохимических процессов. Наибольшие показатели удельной активности фермента (в фазу 3-го тройчатого листа – 120 ед/мг белка, в фазу цветения – 103,7 ед/мг белка), по сравнению с контролем, отмечены при обработке семян и вегетирующих растений ЭкстраКором при совместном внесении гербицида Пульсар в дозе 0,8 л/га.

Определена тесная корреляционная зависимость между количеством осадков и удельной активностью пероксидазы в фазу 3-го тройчатого листа у сои сорта Китросса в варианте с предпосевной обработкой семян Бетулином без использования гербицида Пульсар. Коэффициент корреляции составил 0,82 при d_{yx} 0,67, что доказывает устойчивость растений сои к стрессовому фактору – переувлажнению почвы за счет повышения пероксидазной активности. В варианте с обработкой семян препаратом ЭкстраКор без гербицид-

ной обработки коэффициент корреляции между количеством осадков и удельной активностью пероксидазы составил 0,71 при d_{yx} 0,50 (табл. 13).

Таблица 13 – Анализ корреляционной зависимости между осадками и удельной активностью пероксидазы в фазу 3-го тройчатого листа, сорт сои Китросса, 2018 г.

Вариант	Показатель			
	N	R	d_{yx}	Уравнение регрессии
1. Бетулин (обработка семян)	6	0,82	0,67	$y = 5,3x + 52,133$
2. ЭкстраКор (обработка семян)	6	0,71	0,50	$y = 0,2x + 52,9$

В 2019 г. выявлено, что применение гербицида Пульсар в фазу 3-го тройчатого листа сои привело к снижению относительно контроля удельной активности пероксидазы на 16,4 ед./мг белка, что указывает на наступление окислительного стресса. Предпосевная обработка семян сои сорта Китросса и вегетирующих посевов препаратами Бетулин и ЭкстраКор в фазу 3-го тройчатого листа способствовала повышению относительно контроля показателей удельной активности пероксидазы на 38,9 и 40,4 ед./мг белка при следующих обработках: ЭкстраКор (семена) + Пульсар + ЭкстраКор по вегетирующим растениям; ЭкстраКор (семена) + Пульсар соответственно.

Коэффициент корреляции в варианте с предпосевной обработкой семян ЭкстраКором без использования гербицида Пульсар составил 0,90 при d_{yx} 0,81, что подтверждает выработку устойчивости растений сои к стрессовому воздействию. В варианте с обработкой семян и вегетирующих растений препаратом ЭкстраКор на фоне применения гербицидной обработки коэффициент корреляции между количеством осадков и удельной активностью пероксидазы составил 0,77 при d_{yx} 0,59 (табл. 14).

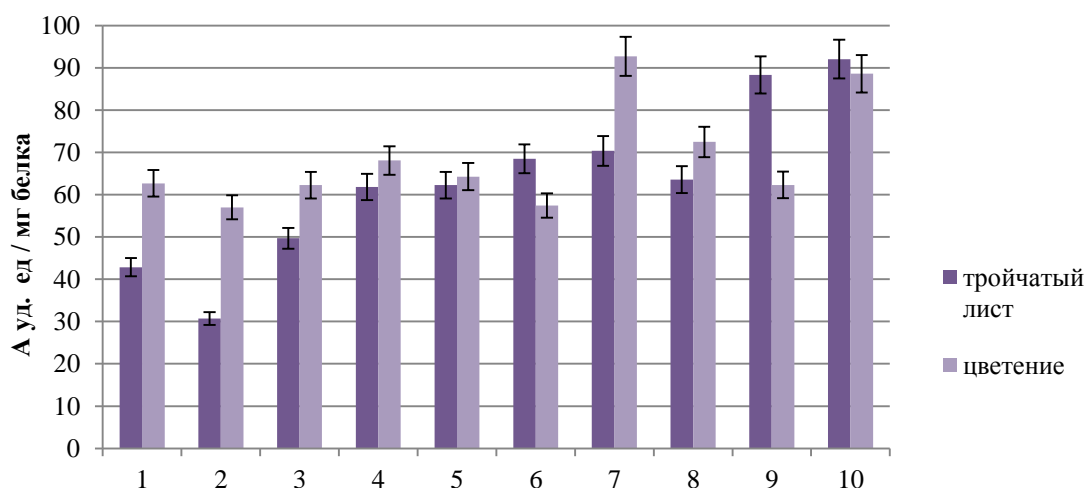
Таблица 14 – Анализ корреляционной зависимости между осадками и удельной активностью пероксидазы в фазу 3-го тройчатого листа, сорт сои Китросса, 2019 г.

Вариант	Показатель			
	N	R	d_{yx}	Уравнение регрессии
1. ЭкстраКор (обработка семян)	6	0,90	0,81	$y = 0,15x + 65,8$
2. ЭкстраКор (обработка семян и вегетирующих растений) + Пульсар	6	0,77	0,59	$y = 0,25x + 81$

В фазу цветения наибольший показатель (83,8 ед./мг белка) был получен в варианте с двойной обработкой Бетулином (семена и вегетирующие растения) на фоне применения гербицида, а также в варианте, где применялась только предпосевная обработка семян препаратом ЭкстраКор – 75,9 ед./мг белка.

В среднем за три года выявлено, что применение гербицида Пульсар в фазу 3-го тройчатого листа сои привело к снижению относительно контроля удельной активности пероксидазы на 12,2 ед./мг белка, что говорит о возникновении окислительного стресса. Обработка семян сорта сои Китросса в дозе 20 г/т и вегетирующих растений в дозе 8 г/га препаратами Бетулин и ЭкстраКор способствовала повышению удельной активности фермента пероксидазы в листьях, что указывает на стимуляцию биохимических процессов. Максимальная удельная активность изучаемого фермента выявлена в фазу 3-го тройчатого листа в посевах с использованием ЭкстраКора для обработки семян и по вегетирующим растениям совместно с гербицидом Пульсар. Превышение относительно контроля составило 49,2 ед./мг белка (рис. 15).

В фазу цветения удельная активность пероксидазы изменяется незначительно относительно контроля, что свидетельствует о наименьшем стрессовом воздействии применения изучаемого гербицида. При этом отмечено, что в фазу цветения по сравнению с фазой 3-го тройчатого листа в контрольном варианте удельная активность изучаемого фермента была выше на 46%. Наибольшие показатели были получены в вариантах с двойной обработкой Бетулином (семена и вегетирующие растения) и двойной обработке ЭкстраКором на фоне применения гербицида, превышающие контроль на 48 и 41% соответственно.



1 – контроль; 2 – Пульсар; 3 – Пульсар + Бетулин по вегетирующим растениям; 4 – Пульсар + ЭкстраКор по вегетирующим; 5 – Бетулин (семена); 6 – Бетулин+Пульсар; 7 – Бетулин (семена) + Пульсар + Бетулин по вегетирующим растениям; 8 – ЭкстраКор (семена); 9 – ЭкстраКор (семена) + Пульсар; 10 – ЭкстраКор (семена) + Пульсар + ЭкстраКор по вегетирующим растениям.

Рис. 15 – Активность пероксидазы в листьях сои сорта Китросса при совместном применении биологически активных веществ и гербицида Пульсар, среднее за 2017-2019 гг.

Таким образом, установлено, что гербицидная обработка приводит к снижению удельной активности фермента в фазу 3-го тройчатого листа, а обработка семян и вегетирующих растений сои сорта Китросса природными препаратами способствуют ее увеличению, что свидетельствует об активизации биохимических процессах. Выявлено, что удельная активность пероксидазы контрольного варианта в фазу 3-го тройчатого листа ниже, чем в фазу цветения.

4.2.3 Влияние биологически активных веществ на формирование элементов структуры урожая и урожайность сои сорта Китросса

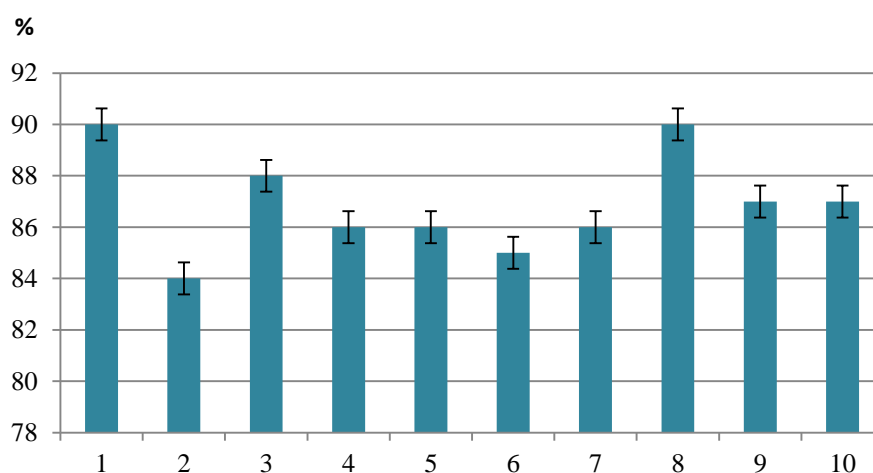
В результате изучения структуры урожая выявлено, что наиболее эффективным препаратом, способствующим снижению токсического воздействия гербицида Пульсар на сою и положительно влияющим на ее рост и развитие, оказался ЭкстраКор. В среднем за годы исследований количество бобов увеличилось на 0,4...2,5 шт., а семян – на 0,7...3,5 шт. на 1 растении по сравнению с посевами, где при использовании гербицидов ЭкстраКор не

применяли. При этом масса семян с 1 растения увеличилась на 0,2...0,8 г (табл. 15, прил. 7).

Таблица 15 – Биометрические показатели растений сои сорта Китросса, среднее за 2017-2019 гг.

Вариант опыта		Количество, шт/1 раст.		Масса семян с 1 растения, г
		бобов	зерен	
обработка семян перед посевом	опрыскивание вегетирующих растений			
контроль – без обработки		27,1	53,7	8,7
Вода	Пульсар (0,8 л/га)	25,1	52,1	8,0
Вода	ЭкстраКор (8 г/га) + Пульсар (0,8 л/га)	25,5	52,8	8,2
Вода	Бетулин (8 г/га) + Пульсар (0,8 л/га)	22,3	43,0	7,4
Бетулин (20 г/т)	Вода	25,3	50,5	8,4
Бетулин (20 г/т)	Пульсар (0,8 л/га)	23,7	44,2	7,3
Бетулин (20 г/т)	Бетулин (8 г/га) + Пульсар (0,8 л/га)	24,0	46,0	7,6
ЭкстраКор (20 г/т)	Вода	27,1	55,4	8,8
ЭкстраКор (20 г/т)	Пульсар (0,8 л/га)	27,6	55,6	8,7
ЭкстраКор (20 г/т)	ЭкстраКор (8 г/га) + Пульсар (0,8 л/га)	25,7	52,9	8,2
НСР ₀₅		1,1	3,3	0,7

Сохранность растений перед уборкой в среднем за три года составила 84...90 % (рис. 16, прил. 8). Применение гербицида по вегетирующим растениям снизило данный показатель на 6% по сравнению с контролем, тогда как обработка семян и вегетирующих растений препаратом ЭкстраКор способствовали его увеличению на 3...5% относительно варианта с использованием гербицида. При предпосевной обработке семян Бетулином сохранность растений перед уборкой в среднем за три года исследований увеличилась незначительно – на 1...2 % по сравнению с вариантом, где применялась гербицидная обработка.



1 – контроль; 2 – Пульсар; 3 – Пульсар + Бетулин по вегетирующим растениям; 4 – Пульсар + ЭкстраКор по вегетирующим; 5 – Бетулин (семена); 6 – Бетулин+Пульсар; 7 – Бетулин (семена) + Пульсар + Бетулин по вегетирующим растениям; 8 – ЭкстраКор (семена); 9 – ЭкстраКор (семена) + Пульсар; 10 – ЭкстраКор (семена) + Пульсар + ЭкстраКор по вегетирующим растениям.

Рис. 16 – Сохранность растений сои сорта Китросса перед уборкой, среднее за 2017-2019 гг.

Отмечено, что в контроле и варианте с предпосевной обработкой семян природным препаратом ЭкстраКор сохранность растений была максимальной и составила 90 %.

Предпосевная обработка семян и опрыскивание вегетирующих растений – это наиболее перспективные приемы применения регуляторов роста.

В наших исследованиях в зависимости от применения гербицида, препаратов природного происхождения и сложившихся метеоусловий 2017–2019 гг. биологическая урожайность семян в среднем составляла от 2,62 до 3,08 т/га (табл. 16).

Таблица 16 – Биологическая урожайность сои сорта Китросса

Обработка семян перед посевом	Обработка вегетирующих растений	Биологическая урожайность, т/га				
		2017 г.	2018 г.	2019 г.	среднее за 3 года	прибавка
Контроль – без обработки		3,30	2,62	2,83	2,92	-
Вода	Пульсар (0,8 л/га)	3,10	2,40	2,36	2,62	-0,3
Вода	ЭкстраКор (8 г/га) + Пульсар (0,8 л/га)	3,17	2,14	2,87	2,73	-0,19
Вода	Бетулин (8 г/га) + Пульсар (0,8 л/га)	3,46	2,24	2,84	2,85	-0,07
Бетулин (20 г/т)	Вода	3,56	2,60	3,01	3,06	0,14

Бетулин (20 г/т)	Пульсар (0,8 л/га)	3,40	2,42	2,71	2,84	-0,08
Бетулин (20 г/т)	Бетулин (8 г/га) + Пульсар (0,8 л/га)	3,52	2,32	2,72	2,85	-0,07
ЭкстраКор (20 г/т)	Вода	3,49	2,55	3,21	3,08	0,16
ЭкстраКор (20 г/т)	Пульсар (0,8 л/га)	3,19	2,48	2,87	2,85	-0,07
ЭкстраКор (20 г/т)	ЭкстраКор (8 г/га) + Пульсар (0,8 л/га)	3,15	2,87	2,93	2,98	0,06
НСР ₀₅ , т/га		0,17	0,20	0,36	0,30	

Из данных таблицы следует, что обработка семян и растений сои исследуемыми препаратами природного происхождения оказала существенное влияние на урожайность сои. Исследования проводились в период с 2017 по 2019 гг., которые характеризовались различными погодно-климатическими условиями.

Погодные условия 2017 года были благоприятными для нормального развития растений сои, поэтому применение биологически активных веществ способствовало снижению токсического воздействия гербицида Пульсар на растения сои. Наибольшее положительное влияние на продуктивность растений оказала предпосевная обработка семян препаратом Бетулин, а также его обработка по вегетирующим растениям. Биологическая урожайность в варианте с предпосевной обработкой семян данным препаратом была выше контроля на 0,26 т/га и гербицидной обработки – на 0,46 т/га. Двойная обработка (семян перед посевом и вегетирующих растений) Бетулином способствовала повышению урожайности на 0,22 т/га относительно контроля и на 0,42 т/га – относительно применения гербицида.

Урожайность сои в посевах с применением биологически активного вещества ЭкстраКор независимо от способа его применения увеличилась относительно варианта с применением гербицида на 0,05...0,39 т/га (НСР₀₅ = 0,17 т/га).

Вегетационный период 2018 года характеризовался переувлажнением почвы, что оказало неблагоприятное влияние на рост и развитие растений.

Использование гербицида Пульсар по вегетирующим растениям оказало негативное воздействие на развитие растений, что привело к снижению урожайности сои на 0,22 т/га. При предпосевной обработке семян Бетулином урожайность сои оставалась на уровне контроля, но выше относительно применения гербицида на 0,20 т/га, что свидетельствует о снижении гербицидной нагрузки на растения сои. Двойная обработка изучаемым природным препаратом привела к снижению урожайности на 0,30 т/га по сравнению с контрольным вариантом.

В посевах без обработки семян, но с использованием биопрепарата ЭкстраКор по вегетирующим растениям, биологическая урожайность семян сои была на 0,48 т/га меньше по сравнению с контролем ($НСР_{05} = 0,2$ т/га). В варианте с обработкой семян и вегетирующих растений гербицидом Пульсар и препаратам ЭкстраКор отмечена тенденция к снижению урожайности. Вместе с тем, в варианте с двойной обработкой препаратом ЭкстраКор (семян и вегетирующих растений) биологическая урожайность сои повысилась на 0,25 т/га по сравнению с контролем и на 0,47 т/га – относительно применения гербицидной обработки.

В 2019 году применение гербицида Пульсар снизило относительно контроля урожайность сои сорта Китросса на 0,47 т/га ($НСР_{05}=0,36$ т/га), в то время как предпосевная обработка семян препаратом ЭкстраКор способствовала ее повышению на 0,38 т/га относительно контроля, и на 0,85 т/га ($НСР_{05}=0,36$ т/га) по сравнению с вариантом, где использовали один гербицид. В вариантах при совместной обработке гербицидом Пульсар и препаратом ЭкстраКор по вегетирующим растениям биологическая урожайность была на уровне контроля. Обработка семян перед посевом препаратом Бетулин привела к увеличению урожайности относительно контрольного варианта на 0,18 т/га. Независимо от варианта обработки данный препарат способствовал снижению гербицидной нагрузки на растения сои и, тем самым, повысил ее урожайность на 0,35...0,65 т/га.

Таким образом, в среднем за три года исследований применение препаратов Бетулин и ЭкстраКор, снижая отрицательное воздействие гербицида, оказало положительное влияние на рост и развитие растений сои сорта Китросса. В результате биологическая урожайность семян увеличилась относительно применения гербицида на 0,22...0,44 т/га при использовании препарата Бетулин и на 0,11...0,46 т/га – с использованием ЭкстраКора независимо от варианта обработки.

При этом наибольшая урожайность – 3,06 и 3,08 т/га, в среднем за 3 года, получена в посевах, где проводили только предпосевную обработку семян препаратом Бетулин и ЭкстраКор соответственно. Прибавка относительно контроля в данных вариантах опыта составила 0,14 и 0,16 т/га.

4.2.4 Влияние последствия обработки растений БАВ и гербицида Пульсар на посевные качества семян сои

Важным свойством биологически активных веществ является их пролонгированное действие на растения, что должно отражаться на преимуществе семенного материала после уборки урожая. Нами исследовано последствие обработки растений сои БАВ и гербицида Пульсар на посевные качества полученного урожая (табл. 17).

Таблица 17 – Последствие обработки растений БАВ и гербицида Пульсар на посевные качества семян сои сорта Китросса, среднее за 2017-2019 гг.

Обработка		Энергия прорастания, %	Лабораторная всхожесть, %
перед посевом	по вегетирующим растениям		
Контроль – без обработки		89	93
Вода	Пульсар (0,8 л/га)	84	94
	ЭкстраКор (8 г/га) + Пульсар (0,8 л/га)	94	97
	Бетулин (8 г/га) + Пульсар (0,8 л/га)	93	96
Бетулин (20 г/т)	Вода	93	95
	Пульсар (0,8 л/га)	93	96
	Бетулин (8 г/га) + Пульсар (0,8 л/га)	90	95
ЭкстраКор (20 г/т)	Вода	95	98
	Пульсар (0,8 л/га)	92	95
	ЭкстраКор (8 г/га) + Пульсар (0,8 л/га)	93	97
НСР ₀₅ , %		5	3

Обработка семян и вегетирующих растений сои сорта Китросса препаратом ЭкстраКор способствовала увеличению энергии прорастания в среднем за годы исследований на 3...6% по сравнению с контрольным вариантом и на 8...11% – относительно применения гербицида. Снижение энергии прорастания на 5% по сравнению с контрольным вариантом отмечено в варианте с применением гербицидной обработки.

Обработка семян и вегетирующих растений сои препаратом Бетулин привела к увеличению энергии прорастания в среднем за годы исследований на 1...4% по сравнению с контрольным вариантом и на 6...9% – относительно применения гербицидной обработки.

Лабораторная всхожесть семян изменялась от 93 до 98%. Наибольший показатель (98 %) был получен при предпосевной обработке семян природным препаратом ЭкстраКор без использования гербицидной обработки, что выше контрольного варианта на 5 %. То есть, под влиянием стимулирующего действия природного препарата происходит более ранний выход семян из состояния покоя, что, возможно, даст им преимущество при посеве на следующий год.

4.2.5 Влияние обработки растений БАВ и гербицида Пульсар на биохимический состав семян сои

Известно, что гербициды оказывают воздействие на физиологическое состояние и биохимические показатели растений сои, что неизбежно приводит к снижению их биологической продуктивности, ухудшению технологических свойств полученного урожая и качества семян (Куликова, 2010). В среднем за два года исследований обработка сои сорта Китросса гербицидом Пульсар в фазу третьего тройчатого листа привела к снижению относительно контроля на 0,6% содержания общего белка в полученных семенах. Предпосевная обработка семян и вегетирующих растений сои изучаемого сорта препаратами природного происхождения Бетулин и ЭкстраКор способствовала повышению качества семян. Так, при использовании природных препаратов

независимо от варианта опыта общее содержание белка в семенах варьировало от 40,26 до 40,91%. Наибольший показатель (превышающий контроль на 0,78%) отмечен в варианте при совместном применении гербицида и двойной обработке ЭкстраКором, что на 1,38% выше относительно гербицидной обработки. Двойная обработка препаратом Бетулин с применением гербицида привела к повышению относительно контроля содержания общего белка на 0,29% и на 0,89% – относительно гербицидной обработки (табл. 18, прил. 9).

Таблица 18 – Аминокислотный состав белка в семенах сои сорта Китросса, после обработки БАВ, среднее за 2018-2019 гг.

перед посевом	Обработка по вегетирующим растениям	Общий белок, %				
		в т.ч. аминокислоты				
		всего	лизин	гистидин	валин	метил гистидин
Вода	Вода	40,13	5,91	6,10	5,19	1,36
	Пульсар	39,53	5,90	6,23	5,29	1,35
	Бетулин+Пульсар	40,41	5,91	5,97	5,39	1,40
	ЭкстраКор+Пульсар	40,31	5,92	5,87	5,56	1,42
Бетулин	Вода	40,29	5,98	6,42	5,83	1,42
	Пульсар	40,33	5,91	6,27	5,25	1,32
	Бетулин+Пульсар	40,42	5,94	6,50	5,32	1,33
ЭкстраКор	Вода	40,26	5,93	6,53	5,45	1,41
	Пульсар	40,56	5,92	6,59	5,25	1,38
	ЭкстраКор+Пульсар	40,91	5,88	5,94	4,85	1,33

Применение препаратов природного происхождения также оказало влияние и на аминокислотный состав белка. Предпосевная обработка семян сои препаратом ЭкстраКор с гербицидной обработкой способствовала увеличению содержания гистидина на 0,49 % по сравнению с контролем и на 0,36 – относительно применения только гербицида. Двойная обработка ЭкстраКором с гербицидной обработкой понизила содержание валина на 0,34% по сравнению с контролем, в то время как предпосевная обработка семян Бетулином без использования гербицида способствовала его увеличению на 0,64% относительно контроля.

Отмечены определенные изменения по количеству отдельных жирных кислот. Наибольшему повышению содержания олеиновой кислоты на 1,38% и 1,71% по сравнению с контролем способствовала совместная обработка вегетирующих растений гербицидом и препаратами Бетулин и ЭкстраКор соот-

ветственно, без предпосевной обработки семян. Применение гербицида Пульсар способствовало увеличению на 0,73 % линоленовой кислоты, а в свою очередь предпосевная обработка семян ЭкстраКором без применения гербицида привела к снижению ее содержания в семенах на 0,48% по сравнению с контролем и на 1,21% – относительно гербицида (табл. 19, прил. 10).

Таблица 19 – Влияние последствий БАВ на количественный и качественный состав жира в семенах сои сорта Китросса, %, среднее за 2018-2019 гг.

Обработка		Жир, %	Ненасыщенные жирные кислоты, %			
перед по- севом	по вегетирующим растениям		Линоленовая	Линолевая	Олеино- вая	Стеариновая
Вода	Вода	17,53	8,21	52,08	16,52	3,80
	Пульсар	17,14	8,94	52,03	17,32	3,77
	Бетулин+Пульсар	17,45	8,56	52,20	17,90	3,78
	ЭкстраКор+Пульсар	17,77	8,03	52,25	18,23	3,82
Бетулин	Вода	17,41	8,24	52,14	16,69	3,83
	Пульсар	17,01	8,84	51,88	17,59	3,77
	Бетулин+Пульсар	17,10	8,75	51,87	17,40	3,82
ЭкстраКор	Вода	17,90	7,73	52,31	17,34	3,82
	Пульсар	17,58	8,08	52,12	17,12	3,83
	ЭкстраКор+Пульсар	17,37	8,84	51,98	17,44	3,76

Глава 5. ПОСЛЕДЕЙСТВИЕ ДЕСИКАНТОВ НА ФЕРМЕНТАТИВНУЮ АКТИВНОСТЬ, ПОСЕВНЫЕ КАЧЕСТВА И УРОЖАЙНЫЕ СВОЙСТВА СЕМЯН СОИ СОРТА НЕГА 1

Приамурье характеризуется неустойчивым гидротермическим режимом муссонного климата, коротким безморозным периодом, поздним возвращением холодов весной и ранним понижением температур осенью. Поэтому для ускоренного созревания урожая семенных посевов сои, особенно при неблагоприятных погодных условиях уборочного периода, необходимо использовать десиканты. Исследования по изучению данных препаратов на сое проведено недостаточно, а полученные результаты довольно противоречивы. Так в исследованиях Ятчука П.В. отмечено, что применение десикантов в первый срок при влажности семян 60-65% приводит к снижению урожайности зерна сои в пределах 6-10%, но при этом сокращается вегетационный период примерно на 10-14 дней, что способствует своевременной уборке и получению качественного зерна сои. Показано, что десикация сои в разные сроки при разных дозах обработки не приводит к резкому снижению содержания белка и масла по вариантам опыта, а находится на уровне с контролем (Ятчук, 2018). Большинство авторов склонны считать, что десикацию нужно проводить при влажности семян сои 45%, то есть при побурении бобов в среднем и нижнем ярусах. Одни авторы считают, что десикация несколько снижает урожай семян, по мнению других, урожай повышается (Durnev, Yatchuk, 2013). Таким образом, препараты, применяемые с этой целью, вступают в какой-то степени в контакт с формирующимися семенами и могут оказывать различное действие на их посевные качества и урожайные свойства: стимуляция, угнетение, глубокие физиологические и биохимические перестройки.

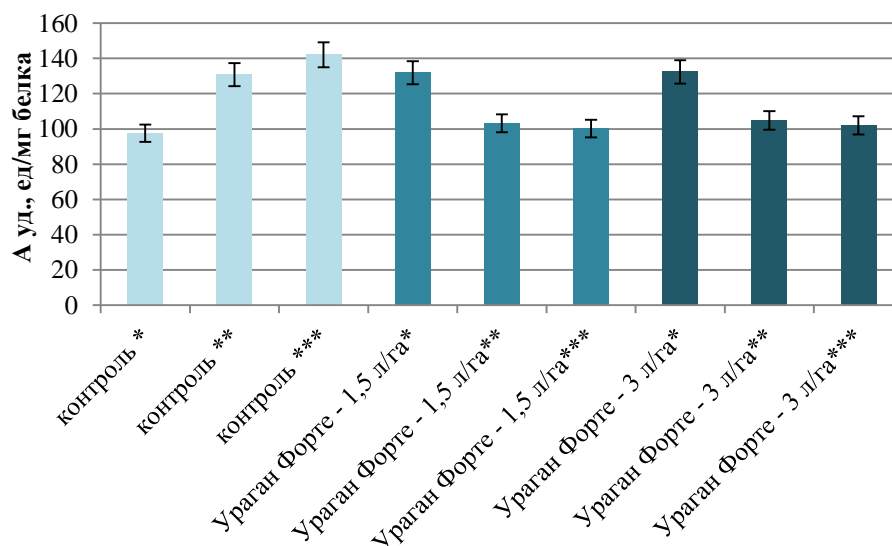
5.1 Ферментативная активность семян сои

Применение десикантов Реглон Супер и Ураган Форте в посевах сои сорта Нега 1 в 2016-2017 гг. оказало неоднозначное воздействие на фермен-

тативную активность, посевные качества, биохимический состав и урожайные свойства семян в зависимости от расположения на растении.

Известно, что растения сои верхнего яруса подвергаются большему влиянию климатических и внешних факторов среды, чем нижнего. В наших исследованиях по изучению ферментативной активности в семенах сои, полученных из разных ярусов растений после десикации установлено, что в контрольном варианте (без применения десикантов) удельная активность фермента пероксидазы семян сои повышалась от нижнего яруса растения к верхнему. Так, значение удельной активности изучаемого фермента в семенах сои верхнего яруса растений был выше среднего на 11,2 ед./мг белка, и нижнего ярусов на 44,4 ед./мг белка (рис. 17, 18, прил. 11). Следовательно, высокая удельная активность пероксидазы в семенах сои свидетельствует о наибольшем негативном влиянии внешних факторов на растения сои верхнего яруса.

Обработка растений сои десикантом Ураган Форте в дозах 1,5 и 3,0 л/га способствовало уменьшению удельной активности изучаемого фермента в семенах. Так, при дозе 1,5 л/га удельная активность изучаемого фермента растений верхнего яруса снизилась на 24 % по сравнению с удельной активностью растений нижнего яруса и составила 100,2 ед./мг белка. Применение десиканта в дозе 3,0 л/га привело к снижению удельной активности пероксидазы в семенах, полученных из верхнего яруса растений на 23 % относительно активности семян нижнего яруса. Таким образом, чем выше расположение семян на растении, тем большее токсическое действие глифосата, в результате чего происходило значительное уменьшение удельной активности пероксидазы семян сои.

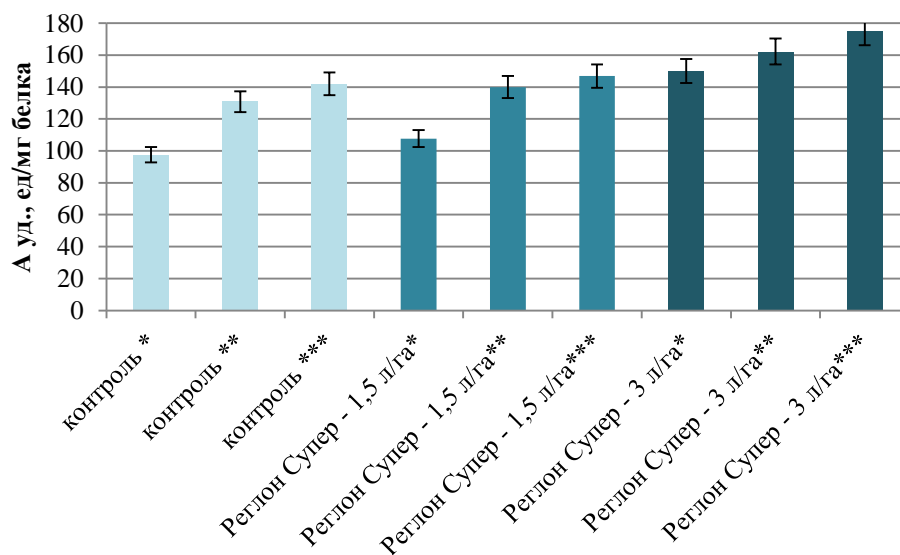


* – нижний ярус, ** – средний ярус, *** – верхний ярус

Рис. 17 – Удельная активность пероксидазы в семенах сои при применении десиканта Ураган Форте, среднее за 2016-2017 гг.

В свою очередь, применение десиканта Реглон Супер привело к увеличению активности пероксидазы в семенах от нижнего яруса к верхнему по сравнению с контролем (рис. 18). При обработке растений сои препаратом в дозе 1,5 л/га отмечено незначительное повышение относительно контроля активности пероксидазы: на 10 % в нижнем, на 7% в среднем и на 23 % в верхнем ярусе.

Применение десиканта в дозе 3,0 л/га способствовало возрастанию активности фермента в семенах сои в 1,5 раза по сравнению с контролем независимо от места их формирования на растениях, что указывает на усиление обменных процессов.



* – нижний ярус, ** – средний ярус, *** – верхний ярус

Рис. 18 – Удельная активность пероксидазы в семенах сои при применении десиканта Реглон Супер, среднее за 2016-2017 гг.

Таким образом, выявлено, что применение десикантов, в зависимости от действующих веществ, приводят к изменению удельной активности фермента пероксидазы в полученных семенах. При использовании гербицида Ураган Форте удельная активность в семенах с нижнего яруса к верхнему уменьшалась, что, возможно, связано с наиболее токсическим действием данного глифосата. Наименее токсичен оказался десикант Реглон Супер, при использовании которого наблюдалась тенденция к увеличению удельной активности фермента от нижнего яруса к верхнему, независимо от дозы применения препарата.

5.2 Посевные качества семян сои

В среднем за два года исследований применение десикации с помощью Реглона Супер и Урагана Форте различных концентраций (1,5 и 3,0 л/га) оказало негативное последствие на посевные качества семян сои сорта Нега 1. Отмечена тенденция к снижению энергии прорастания и лабораторной всхожести от нижнего яруса к верхнему в контрольном варианте и в вариантах с

применением десикантов в дозе 1,5 л/га. Энергия прорастания в семенах контрольного варианта растений верхнего яруса была ниже на 4% по сравнению со средним и на 6% – относительно нижнего яруса. Наименьший показатель лабораторной всхожести в контроле (88%) отмечен в семенах, полученных из бобов верхнего яруса, что на 6 % ниже показателя среднего яруса и на 7 % относительно семян, полученных из бобов нижнего яруса растений сои (табл. 20, прил. 12).

Таблица 20 – Посевные качества семян сои сорта Нега 1, среднее за 2015-2016 гг.

Место образования семян, ярус	Вариант				
	Контроль	Реглон Супер (1,5 л/га)	Ураган Форте (1,5 л/га)	Реглон Супер (3,0 л/га)	Ураган Форте (3,0 л/га)
Энергия прорастания, %					
нижний	89,5	88,5	87,0	84,0	89,5
средний	87,5	85,5	85,0	77,5	80,5
верхний	83,5	77,0	76,0	79,5	85,0
среднее значение	87,0	84,0	83,0	80,0	85,0
Лабораторная всхожесть, %					
нижний	95,0	93,5	88,5	88,0	91,0
средний	94,0	92,0	87,5	84,0	85,5
верхний	88,0	83,0	79,5	86,0	89,0
среднее значение	92,0	89,5	85,0	85,0	88,5

Использование десикантов Реглон Супер и Ураган Форте в дозе 1,5 л/га привело к снижению энергии прорастания в семенах верхнего яруса на 6,5 и 7,5 % соответственно по сравнению с контролем.

При применении изучаемых десикантов в дозе 3 л/га снижение энергии прорастания отмечено в семенах, полученных из среднего яруса растений: десикант Реглон Супер снизил данный показатель на 10%, Урагана Форте – на 7% по сравнению с контролем. В среднем изучаемый показатель был выше на 3...7% относительно применения десиканта Реглон Супер и на 2...4% – относительно применения Урагана Форте независимо от дозы.

Наименьший показатель лабораторной всхожести (79,5 %) был отмечен в варианте с применением десиканта Ураган Форте в дозе 1,5 л/га в семенах верхнего яруса, что ниже контроля на 9 %.

В среднем лабораторная всхожесть контрольного варианта была выше на 2,5...7% относительно применения десиканта Реглон Супер и на 3,5...7% – относительно применения Урагана Форте независимо от дозы.

Неоднозначное влияние десиканты оказали на первоначальный рост растений сои сорта Нега 1. Наименьшее отрицательное воздействие на развитие 10-дневных проростков оказал препарат Реглон Супер. Количество ненормально развитых проростков снизилось на 0,5...2,2% по сравнению с контролем (табл. 21).

Таблица 21 – Длина 10 дневных проростков сои сорта Нега 1, среднее за 2015-2016 гг.

Вариант	Место образования семян (ярус)	Ненормально развитые проростки, %	Длина проростка		
			среднее значение, см	размах вариации, %	коэффициент вариации, %
контроль	нижний	8	24,4	21,0	18,3
	средний	6,5	25,5	17,4	16,0
	верхний	11	23,7	16,7	15,5
	среднее значение	8,5	24,5	18,4	16,6
Реглон Супер, (1,5 л/га)	нижний	7,5	23,4	17,7	19,6
	средний	9	24,7	20,1	18,0
	верхний	7,5	23,7	19,9	23,4
	среднее значение	8	23,9	19,2	20,3
Реглон Супер, (3,0 л/га)	нижний	7	24,1	19,2	23,4
	средний	6	24,2	21,8	21,6
	верхний	6	22,6	22,2	23,7
	среднее значение	6,3	23,6	21,1	22,9
Ураган Форте, (1,5 л/га)	нижний	4,5	21,3	21,3	30,4
	средний	7,5	20,5	22,8	34,4
	верхний	9,5	18,6	22,7	30,2
	среднее значение	7,2	20,1	22,3	31,7
Ураган Форте, (3,0 л/га)	нижний	10	9,2	13,2	28,0
	средний	11	8,0	10,3	27,3
	верхний	9,5	8,4	14,5	31,3
	среднее значение	10,2	8,5	12,7	28,9

Более токсичен для растений сои сорта Нега 1 оказался гербицид Ураган Форте. Среднее значение длины проростка при использовании данного

десиканта в дозе 1,5 л/га снизилось относительно контроля на 4,4 см, а использование его в дозе 3,0 л/га привело к снижению на 16 см. Применение двойной дозы десиканта способствовало увеличению по сравнению с контролем количества ненормально развитых проростков на 2%.

В среднем коэффициент вариации по длине проростков у изучаемых препаратов колебался от 20,3 до 31,7%, в контроле – 16,6%; размах вариации – от 12,17 до 22,3%, в контроле – 18,4%.

5.3 Биохимический состав семян

Результаты исследования биохимического состава семян сои сорта Нега 1 показали различия в зависимости от расположения семян на растении и фазы развития их при применении десиканта Реглон Супер и гербицида Ураган Форте.

Содержание белка в семенах, полученных с контрольных растений, изменялось при применении Ураган Форте от 34,36% (семена бобов верхнего яруса) до 36,07% (семена бобов нижнего яруса). При обработке растений сои десикантом в зависимости от фазы развития растений количество белка в семенах нижнего яруса снижалось на 1,01...1,56%; в семенах бобов среднего и верхнего яруса – незначительное понижение по сравнению с контролем (табл. 22).

Таблица 22 – Количественный и качественный состав белка в семенах сои сорта Нега 1 после применения десиканта Ураган Форте, %, среднее за 2016-2017 гг.

Вариант	Ярус	Общий белок	в т.ч. аминокислоты				
			гистидин	лейцин	изолейцин	валин	тирозин
контроль	нижний	36,07	7,11	7,76	6,31		3,30
	средний	34,54	9,37	8,07	6,16	7,09	3,74
	верхний	34,36	7,46	8,00	6,43	7,43	3,61
	среднее значение	34,99	7,98	7,94	6,3	7,26	3,55
1,5 л/га	нижний	35,06	7,83	8,03	6,11	7,84	3,70
	средний	34,62	9,09	8,09	6,32	8,23	3,77
	верхний	34,74	7,05	7,87	6,04	7,70	3,45
	среднее значение	34,81	8,26	8,0	6,16	7,92	3,64

3,0 л/га	нижний	34,51	7,20	7,96	6,13	7,91	3,60
	средний	34,58	7,66	7,96	6,16	7,63	3,59
	верхний	33,73	7,63	7,96	6,38	8,22	3,59
	среднее значение	34,27	7,50	7,96	6,22	7,92	3,59

При обработке растений сои десикантом Реглон Супер в зависимости от фазы развития растений сои количество белка в семенах бобов нижнего яруса снижалось на 0,74...1,98%; в семенах бобов среднего и верхнего яруса – незначительное понижение по сравнению с контролем. От места расположения на растении и от воздействия изучаемого препарата изменялся качественный состав некоторых аминокислот в семенах (табл. 23).

Таблица 23 – Количественный и качественный состав белка в семенах сорта сои Нега 1 после применения десиканта Реглон супер, %, среднее за 2016-2017 гг.

Вариант	Ярус	Общий белок	В т.ч. аминокислоты				
			гистидин	лейцин	изолейцин	валин	тирозин
контроль	нижний	36,07	7,11	7,76	6,31		3,30
	средний	34,54	9,37	8,07	6,16	7,09	3,74
	верхний	34,36	7,46	8,00	6,43	7,43	3,61
	среднее значение	34,99	7,98	7,94	6,3	7,26	3,55
1,5 л/га	нижний	35,33	8,21	7,88	6,27	7,65	3,48
	средний	35,19	8,31	8,02	6,49	7,37	3,65
	верхний	34,78	7,54	8,13	6,35	8,46	3,82
	среднее значение	35,1	8,02	8,01	6,37	7,83	3,65
3,0 л/га	нижний	34,09	7,97	7,85	6,20	7,76	3,45
	средний	34,09	8,63	7,77	6,40	7,66	3,32
	верхний	34,98	7,32	7,83	6,43	7,28	3,41
	среднее значение	34,39	7,97	7,82	6,34	7,57	3,39

В вариантах с применением десиканта Реглон Супер в фазу налива бобов отмечена тенденция к повышению аминокислоты гистидина на 0,08...0,1% , лейцина – на 0,13...0,14%, изолейцина – на 0,08...0,33%, валина – на 0,28...1,03%, тирозина – на 0,18...0,21% в зависимости от матрикальной разнокачественности, а в фазу начала созревания семян – снижение гистидина на 0,14...0,74%, лейцина 0,13...0,30%, тирозина – на 0,2...0,42% по срав-

нению с контролем. Аналогичные изменения отмечены в изменении качественного состава при применении десиканта Ураган Форте.

Различия по содержанию жира в семенах сои среднеспелого сорта сои Нега 1 после обработки растений сои десикантами были менее заметные, чем по содержанию белка. Определенные изменения отмечены по количеству отдельных жирных кислот в зависимости от применяемого препарата и матричной разнокачественности семян. Применение препарата Реглон Супер вызвало изменения содержания линоленовой кислоты от 5,33 до 6,55 % и олеиновой кислоты от 6,00 до 9,42 %, в контроле от 5,07 до 7,03 % и от 6,18...11,42 % (табл. 24).

Таблица 24 – Количественный и качественный состав жира в семенах сорта сои Нега 1 после обработки посевов десикантом Реглон Супер, %, среднее за 2016-2017 гг.

Вариант	Ярус	Жир	в т.ч жирные кислоты	
			линоленовая	олеиновая
контроль	нижний	19,06	7,03	11,42
	средний	20,21	5,07	6,18
	верхний	19,74	6,31	9,32
	среднее значение	19,67	6,14	8,97
1,5 л/га	нижний	19,81	6,08	8,83
	средний	19,37	6,65	8,12
	верхний	19,30	5,97	6,00
	среднее значение	19,49	6,23	7,65
3,0 л/га	нижний	20,29	5,33	8,00
	средний	19,84	6,53	7,52
	верхний	19,87	6,51	9,40
	среднее значение	20,00	6,12	8,31

При обработке растений сои препаратом Ураган Форте содержание линоленовой кислоты изменялось от 4,96 до 6,54% и олеиновой – от 4,75 до 9,42%, в контроле от 5,07 до 7,03% и от 6,18 до 11,42% соответственно (табл. 25).

Таблица 25 – Количественный и качественный состав жира в семенах сорта Нега 1 после обработки посевов сои десикантом Ураган Форте, %, среднее за 2016-2017 гг.

Вариант	Ярус	Жир	в т.ч жирные кислоты	
			линоленовая	олеиновая
контроль	нижний	19,06	7,03	11,42

	средний	20,21	5,07	6,18
	верхний	19,74	6,31	9,32
	среднее значение	19,67	6,14	8,97
1,5 л/га	нижний	20,06	4,98	7,84
	средний	19,53	5,84	4,75
	верхний	19,44	6,54	8,93
	среднее значение	19,68	5,79	7,17
3,0 л/га	нижний	20,02	5,02	9,42
	средний	20,19	5,13	8,38
	верхний	19,89	5,85	7,23
	среднее значение	20,03	5,33	8,34

5.4 Урожайные свойства семян сои сорта Нега 1

Неблагоприятное последствие оказали десиканты Реглон Супер и Ураган Форте на урожайные свойства семян сои сорта Нега 1. Полевая всхожесть при использовании препарата Реглон Супер была ниже относительно контрольного варианта на 1...3% (табл. 26).

Таблица 26 – Последствие десикантов на полевую всхожесть и урожайность семян сои сорта Нега 1, среднее за 2016-2017 гг.

Вариант	Место образования семян, ярус	Полевая всхожесть, %	Урожайность, т/га	
			в среднем	прибавка
контроль	нижний	96	3,54	-
	средний	98	3,48	-
	верхний	97	3,36	-
	среднее значение	97	3,46	-
Реглон Супер (1,5 л/га)	нижний	95	3,21	-0,33
	средний	96	3,36	-0,12
	верхний	96	3,15	-0,21
	среднее значение	96	3,24	-0,22
Ураган Форте (1,5 л/га)	нижний	31	1,91	-1,63
	средний	37	2,34	-1,14
	верхний	23	1,31	-2,05
	среднее значение	30	1,85	-1,61
Реглон Супер (3,0 л/га)	нижний	91	3,07	-0,47
	средний	96	3,16	-0,32
	верхний	94	2,98	-0,38
	среднее значение	94	3,07	-0,39
Ураган Форте (3,0 л/га)	нижний	94	2,91	-0,63
	средний	93	2,86	-0,62
	верхний	94	2,73	-0,63
	среднее значение	94	2,83	-0,63
НСР ₀₅ , т/га				0,25

При применении Ураган Форте в дозе 1,5 л/га полевая всхожесть составила в среднем 30%, что на 67% ниже контрольного варианта.

В среднем за 2 года исследований применение десиканта Реглон Супер в фазы полного налива бобов и начало созревания семян уменьшило урожайность зерна сои сорта Нега 1 соответственно на 0,22 и 0,39 т/га, а при использовании гербицида Ураган Форте в качестве десиканта – на 0,63 и 1,61 т/га, по сравнению с контролем ($НСР_{05}=0,25$ т/га). Таким образом, использование десиканта Реглон Супер и гербицида Ураган Форте для ускорения созревания сои привело к снижению урожайности и качества семян у сорта сои Нега 1.

Продуктивность растений зависит от взаимодействия комплекса факторов, включая агрометеорологические условия, питание растений, уровень агротехники и сортовые особенности. Масса 1000 семян, как показатель качества, имеет большое значение в семеноводстве сои. Она подвержена влиянию погодных условий, хотя определяющая роль в ее выражении приходится на сорт (Каманина, 2018). Полученные данные свидетельствуют, что масса 1000 семян сои сорта Нега 1 варьировала в пределах от 102,5 до 120,9 г. При этом наибольшие показатели получены из растений среднего яруса, как в контрольном варианте, так и в вариантах с десикантами независимо от доз их применения (табл. 27).

Таблица 27 – Влияние десикантов на массу 1000 семян, среднее за 2015-2016 гг., г.

Место образования семян, ярус	Вариант				
	Контроль	Реглон Супер (1,5 л/га)	Ураган Форте (1,5 л/га)	Реглон Супер (3,0 л/га)	Ураган Форте (3,0 л/га)
нижний	117,2	112,6	112,5	110,7	110,7
средний	120,9	114,6	116,0	113,8	117,2
верхний	112,1	102,5	105,1	105,8	107,9
среднее значение	116,7	109,9	111,2	110,1	111,9

Так, масса 1000 семян, полученная из растений среднего яруса контрольного варианта больше нижнего и верхнего ярусов на 3,7 и 8,8 г. соот-

ветственно. При использовании десикантов наибольший изучаемый показатель был получен в варианте с применением гербицида Ураган Форте в дозе 3,0 л/га растениях среднего яруса, что ниже контроля на 3,7 г. и выше относительно применения десиканта Реглон Супер на 2,6 и 3,4 г.

В среднем за два года исследования масса 1000 семян контрольного варианта была выше на 6,6...6,8 г. относительно применения десиканта Реглон Супер и на 4,8...5,5 % – относительно применения Урагана Форте независимо от их дозы.

Таким образом, семена верхнего яруса растений сои среднеспелого сорта Нега 1 наиболее подвержены отрицательному воздействию десикантов независимо от дозы их применения. Минимальное значение массы 1000 семян было отмечено в варианте с применением десиканта Реглон Супер в дозе 1,5 л/га в фазу полного налива бобов и составил 102,5 г. Наибольшие значения массы 1000 семян были получены из растений среднего яруса, как в контрольном варианте, так и в вариантах с десикантами независимо от доз их применения. При чем, максимальное значение (120,9 г) было получено в контрольном варианте, что выше на 6,3...7,1 относительно применения десиканта Реглон Супер и на 3,7...4,9 г. – относительно десиканта Ураган Форте.

ГЛАВА 6 ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ПРОВЕРКА И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ И ГЕРБИЦИДОВ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ СОИ

Производство сои занимает первостепенное место в экономике Приамурья. Наиболее важными вопросами были и остаются повышение урожайности данной культуры, снижение себестоимости продукции, получение максимальной прибыли, не снижая при этом плодородия почв и не нанося вреда окружающей среде используемыми средствами защиты растений.

Соя, обладая рядом биологических особенностей, нуждается в определенных условиях среды обитания, при которых действие нерегулируемых отрицательных факторов среды сводится к минимуму. Одним из путей их снижения является применение препаратов природного происхождения, которые усиливают ростовые и формообразовательные процессы растений, повышают иммунитет растений к стрессовым факторам среды, в результате чего, на необработанных посевах повышается урожай и улучшается его качество. Однако при использовании данных препаратов приходится затрачивать средства и труд на их приобретение, хранение и осуществление обработок (Добрынин, 1990).

Экономическая оценка эффективности технологии производства продукции растениеводства определяется по ее влиянию на улучшение конечных показателей, главным образом на прирост прибыли за счет повышения урожайности культур, улучшения качества получаемой продукции, сокращение затрат труда и снижения ее себестоимости. Себестоимость продукции зависит от многих факторов: природно-климатических условий, рационального использования земли, основных средств производства, материалов, технологии производства продукции, производительности труда, достигнутого уровня урожайности, величины затрат на производство продукции и т.д. (Синеговский, 2014).

В 2020 году на площади 100 га в ФГУП «Садовое» проведена производственная проверка по влиянию совместного применения препарата ЭкстраКор и гербицида Пульсар. При посеве использовали семена среднеспелого сорта сои Китросса. Предпосевная обработка семян изучаемым природным препаратом была произведена в день посева – 27 мая в дозе 20 г/т. Схема опыта включала следующие варианты:

1. Контроль (без обработки);
2. ЭкстраКор (обработка семян в дозе 20 г/т);
3. ЭкстраКор (обработка семян в дозе 20 г/т + вегетирующие растения в дозе 8 г/га).

В фазу третьего тройчатого листа проведено опрыскивание растений гербицидом Пульсар в дозе 0,8 л/га. Для учета урожая проведен контрольный обмолот комбайном.

Расчеты экономической эффективности проведены в группе экономических исследований в АПК ФГБНУ ФНЦ ВНИИ сои. Для определения экономической эффективности применения изучаемых природных препаратов при возделывании сои использовали основные показатели: урожайность, себестоимость продукции, условно чистый доход, производственные затраты, рентабельность. Полученные результаты отражены в таблице № 28.

Таблица 28 – Экономическая эффективность применения препарата ЭкстраКор

Показатели	Варианты опыта		
	Контроль (без обработки)	Обработка семян	Обработка семян и вегетирующих растений
Урожай семян, т/га	1,1	1,7	1,6
Цена реализации, руб/т	26816	26816	26816
Производственные затраты, руб/га	23380	23732	23829
Стоимость продукции, руб/га	29497,6	45587,2	42905,6
Условно чистый доход, руб/га	6117,6	21855,2	19076,6
Себестоимость, руб/т	21255	13960	14893
Экономическая эффективность, руб/т	5561	12856	11923
Рентабельность, %	26	92	80

При уборке растений сои бункерный вес контрольного варианта составил 1,1 т/га, варианта с предпосевной обработкой семян ЭкстраКором в дозе 20 г/т семян – 1,7 т/га и варианта с обработкой семян (20 г/т) и вегетирующих растений (8 г/т) препаратом ЭкстраКор – 1,6 т/га. Прибавка урожайности по отношению к контролю составила 0,6 т/га.

Производственные затраты с использованием препарата ЭкстраКор для предпосевной обработки семян и варианта с двойной обработкой (семян и по вегетирующим растениям) составили 23732 руб/га и 23829 руб/га соответственно, что дороже контроля на 352 и 449 руб/га. При этом чистый доход был наибольшим в варианте с предпосевной обработкой семян ЭкстраКором и составил 21855,2 руб/га и в варианте с предпосевной обработкой семян и по вегетирующим растениям – 19076,6 руб/га, что на 15737,6 и 12958,4 руб/га соответственно выше контрольного варианта. Рентабельность в варианте с предпосевной обработкой семян ЭкстраКором была выше контроля на 66%, а в варианте с обработкой семян и по вегетирующим растениям сои изучаемым препаратом – на 54%.

Таким образом, применение препарата природного происхождения ЭкстраКор дает возможность получать стабильные урожаи зерна, является экономически выгодным приемом и экологически безопасным для окружающей среды.

ВЫВОДЫ

1. Биопрепараты БиоЛарикс, ЭкоЛарикс, ЭкстраКор и Бетулин обеспечили увеличение удельной активности фермента пероксидазы в проростках сои, что привело к повышению посевных качеств семян за счёт улучшения процессов их прорастания. Удельная активность фермента в проростках сои, семена которой были обработаны Бетулином в 2 раза превышала контрольный вариант и составляла 323,6 ед./мг белка. Наибольший стимулирующий эффект на проростки сои сорта МК 100 оказал ЭкстраКор, при котором длина проростков, а также длина корня были выше относительно контроля на 1,4 и 1,2 см соответственно. Максимальное повышение лабораторной всхожести (на 5 %) обеспечил препарат ЭкстраКор (20 г/т), используемый для предпосевной обработки семян сои средне-спелого сорта Китросса. Отмечена тенденция увеличения энергии прорастания семян сои среднеспелых сортов МК 100 и Китросса при использовании природных препаратов БиоЛарикс (20 г/т), Бетулин (20 г/т) и ЭкстраКор (20 г/т).

2. Использование биопрепаратов обеспечивало повышение устойчивости растений сои к стрессовым факторам среды, что подтверждается увеличением удельной активности пероксидазы в листьях сои сорта МК 100: на 22,8 ед./мг белка при использовании БиоЛарикса в дозе 20 г/т семян, и на 25,6 ед./мг белка от применения ЭкстраКора в дозе 8 г/га. Совместное применение ЭкстраКора в дозе 8 г/га и гербицида Пульсар в дозе 0,8 л/га по вегетирующим растениям привело к увеличению удельной активности пероксидазы на 96,4 ед./мг белка в фазу 3-го тройчатого листа, а в фазу цветения – на 98,5 ед./мг белка. Между выпавшими осадками и удельной активностью пероксидазы в фазу 3-го тройчатого листа у сои сорта Китросса установлена тесная положительная зависимость в варианте с предпосевной обработкой семян Бетулином без использования гербицида Пульсар ($R=0,82$, $d_{yx} 0,67$) и в варианте с обработкой семян препаратом ЭкстраКор без использования гербицида ($R=0,71$, $d_{yx} 0,50$).

3. Обработка семян сои сорта Китросса Бетулином и ЭкстраКором в дозах 20 г/т и 8 г/га по вегетирующим растениям привела к повышению удельной активности фермента пероксидазы в листьях за счёт стимуляции биохимических процессов. Максимальная удельная активность изучаемого фермента выявлена в фазу 3-го тройчатого листа в посевах с использованием ЭкстраКора для обработки семян и по вегетирующим растениям совместно с гербицидом Пульсар. Превышение относительно контроля составило 49,2 ед./мг белка. В фазу цветения наибольший показатель – 92,77 ед./мг белка, получен в варианте с предпосевной обработкой семян и по вегетирующим растениям Бетулином при совместном применении гербицида Пульсар в дозе 0,8 л/га, что выше контрольного варианта на 30 ед./мг белка.

4. Выявлено отрицательное воздействие гербицида Пульсар на растения сои по удельной активности фермента пероксидазы в листьях сои в посевах с использованием только гербицида Пульсар: в среднем за 3 года исследований у сорта МК 100 в фазу 3-го тройчатого листа этот показатель снизился на 43,5%, в фазу цветения – на 7,3%, а у сорта Китросса – на 28 % в фазу 3-го тройчатого листа и на 9% – в фазу цветения по сравнению с контролем.

5. Использование биопрепарата ЭкстраКор для предпосевной обработкой семян обеспечило наибольшую прибавку биологической урожайности у сорта сои МК 100, которая составила 0,34 т/га при урожайности в контроле 2,44 т/га ($НСР_{05}=0,17$ т/га). Обработка вегетирующих растений Пульсаром, оказав отрицательное влияние на растения сои, привела к снижению урожайности на 0,04 т/га относительно варианта, где использовали только биопрепарат ЭкстраКор. Биопрепарат Бетулин увеличил биологическую урожайность семян сои сорта Китросса на 0,44 т/га, а ЭкстраКор – на 0,46 т/га относительно применения только гербицида. Использование ЭкстраКора для обработки семян и вегетирующих растений снизила негативное влияние гербицида Пульсар, что обеспечило увеличение содержания белка в семенах сои

сорта Китросса на 1,38% по сравнению с использованием только гербицида для уничтожения сорняков.

6. Десикант Реглон Супер и гербицид Ураган Форте оказали токсичное действие на посевные качества семян среднеспелого сорта сои Нега 1. Использование десиканта Реглон Супер в дозе 3,0 л/га в фазу полного налива семян привело к снижению на 10 % энергии прорастания и лабораторной всхожести семян, полученных из среднего яруса растений по сравнению с контролем. Увеличение удельной активности пероксидазы в семенах сои на 44,4 ед./мг белка отмечено в варианте с применением десиканта Реглон Супер, что свидетельствует об активизации механизмов защиты антиоксидантной системы. Использование гербицида Ураган Форте в фазу полного налива семян в дозе 1,5 л/га снизило энергию прорастания на 7,5 % и лабораторную всхожесть на 8,5 % в семенах верхнего яруса растений, а применение его в дозе 3,0 л/га привело к снижению среднего значения длины 10-ти дневных проростков на 16 см. Урожайность зерна после применения десиканта Реглон Супер и гербицида Ураган Форте уменьшилась соответственно на 0,56 и 2,23 т/га относительно контроля ($НСР_{05}=0,25$ т/га).

7. Производственная проверка препарата ЭкстраКор и гербицида Пульсар, проведенная на площади 100 га в ФГУП «Садовое» на сое сорта Китросса показала высокую эффективность этого препарата. Предпосевная обработка семян ЭкстраКором в дозе 20 г/т семян обеспечила прибавку урожая на 0,6 т/га. Рентабельность в варианте с предпосевной обработкой семян ЭкстраКором была выше контроля на 66%, а в варианте с обработкой семян и вегетирующих растений сои изучаемым препаратом – на 54%. Применение биопрепарата ЭкстраКор обеспечивает получение экологически безопасных семян сои и повышение экономической эффективности производства зерна данной культуры.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

При возделывании среднеспелых сортов сои в условиях Амурской области для снижения отрицательного воздействия гербицидов, с действующим веществом Имазамокс, повышения адаптивности, урожайности и качества зерна рекомендуется применять препарат ЭкстраКор, полученный путем переработки лиственницы даурской.

Рекомендуемые нормы расхода:

- ЭкстраКор, предпосевная обработка семян – 20 г/т; опрыскивание растений в фазу третьего тройчатого листа, расход препарата – 8 г/га.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авдеева В.Н., Молчанов А.Г., Безгина Ю.А. Экологический метод обработки семян пшеницы с целью повышения их посевных качеств / В.Н. Авдеева, А.Г. Молчанов, Ю.А. Безгина // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 2. С. 390.

2. Алексейчук Г.Н. Сила роста семян зерновых культур и ее оценка методом ускоренного старения – Мн.: Право и экономика, 2009. – 44 с

3. Андреева В.А. Фермент пероксидаза: Участие в защитном механизме растений. М.: Наука, 1988. 128 с.

4. Баев Н. А. Загрязнение объектов экосистемы пестицидами: пути и последствия / Н.А. Баев, Д. Э. Шелманова, Н.Н. Максимюк // Молодой ученый. – 2014. – № 8. – С. 370-373.

5. Балнокин Ю.В. Растения в условиях стресса // Физиология растений: Учебник для студ. Вузов / под ред. И.П. Ермакова – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – с. 510-584.

6. Барабаш, И.П. Фитогормоны, регуляторы роста растений (классификация, теория, практика): монография / И.П. Барабаш. – Ставрополь: ООО «Бюро новостей», 2009. – 384 с.

7. Барчукова А.Я. Циркон – стимулятор продуктивности овощных культур // Тез.докл.научн.-практ.конф. «Применение препарата циркон в производстве сельскохозяйственной продукции». – М. – 2004. – С. 16.

8. Барыкина Ю.А. Снижение гербицидного стресса озимой пшеницы с использованием препарата Экогель, Вр// Russian Agricultural Science Review. 2015. Т. 6.№ 6-2. С. 39-43.

9. Баскаков Ю.А. Новые гербициды и регуляторы роста растений // Журнал Всесоюзного химического общества им. Д.И. Менделеева. – 1984. – Т.29. – № 11. – С.22-39.

10. Бочкарева А.С. Влияние гербицида топик на антиоксидантные ферменты (каталазу, супероксиддисмутазу, аскорбат-пероксидазу) в молодых листьях пшеницы / А.С. Бочкарева, Е.Н. Самаркина, Ю.Н. Аросланкина, А.Н. Гарькова, А.С. Лукаткин // Вестник Мордовского университета. 2010. № 1. С. 77-81.

11. Вакуленко, В. В. Регуляторы роста для предпосевной обработки семян зерновых культур / В.В. Вакуленко, О.А. Шаповал // Защита и карантин растений. – 1998. – № 4. – С. 44.

12. Василенко М.Г. Регуляторы роста растений природного происхождения на посевах пшеницы яровой в условиях северной лесостепи Украины / М.Г. Василенко, М.В. Драга, Ю.А. Зацаринная, И.Д. Бакай // Агрэкологический журнал. 2014. № 4. С.64-68.

13. Васюкова Н.И. Иммуномодулирующая активность производных хитозана с салициловой кислотой и ее фрагментами / Н.И. Васюкова, О.Л. Озерцовская, Г.И. Чаленко, Н.Г. Герасимова, А.А. Львова, А.В. Ильина, А.Н. Левов, В.П. Варламов, И.А. Тарчевский // Прикладная биохимия и микробиология. – 2010. – Т. 46. № 3. – С. 379-384.

14. Воронова И.А. Эффективность комплексного применения гербицидов совместно с антидотом альбит на посевах рапсов в пятнистой в сборнике: инновационные технологии в АПК: теория и практика сборник статей III Всероссийской научно-практической конференции. 2015. С. 28-30.

15. Вострикова С.С. Чувствительность сои сорта Венера к почвенным гербицидам / С.С. Вострикова, Т.В. Мороховец, З.В. Басай, В.Н. Мороховец // Успехи современной науки и образования. 2017. Т. 2. № 3. С. 71-75.

16. Газарян И.Г., Хушпульян Д.М., Тишков В.И. Особенности структуры и механизма действия пероксидаз растений / Успехи биологической химии. – Т. 46. – 2006. – С. 303-322.

17. Гамбург К.З. Регуляторы роста растений / К.З. Гамбург, О.Н. Кулаева, Г.С. Муромцев. – М.: Колос, 1979. – 246 с.

18. Гарькова А.Н. Обработка гербицидом Гранстар вызывает окислительный стресс в листьях злаков / А.Н. Гарькова, М.М. Русяева, О.В. Нуштаева, Ю.Н. Аросланкина, А.С. Лукаткин // Физиология растений. 2011. Т. 58. № 6. С. 935-943.

19. Гончарук Е.А., Загоскина Н.В. Тяжелые металлы: поступление, токсичность и защитные механизмы растений (на примере ионов кадмия) / Вісник харківського національного аграрного університету серія біологія, 2017, вып. 1 (40), с . 35-49.

20. Горелов А.В. Зависимость урожайности и качества семян озимой пшеницы и тритикале от ряда гербицидов и фунгицидов в условиях краснодарского края: диссертация ... канд. с.-х. наук 06.01.05 / Горелов А.В.; Российский государственный аграрный ун-т. – МСХА имени К.А. Тимирязева – Москва, 2012. – 139 с.

21. Гречкин А.Н., Тарчевский И.А. Сигнальные системы клеток и геном // Биоорганическая химия. – 2000. – Т. 26. – № 10. – С. 779-781.

22. Грицаенко З.М., Голодрига О.В., Розборская Л.В. Влияние комплексного применения гербицидов и биолана на производительность и структурные показатели посевов сои / Агробиология. 2013. – № 11 (104). – С. 138-142.

23. Давиденко Е.К., Быкова С.Ф. Особенности биохимического состава семян высокобелковых сортов сои / Вестник Всероссийского научно-исследовательского института жиров. – 2017. – № 1-2. – С. 12-14.

24. Демиденко Г.А. Влияние применения гербицидов на содержание белка и жира в зерне сои и посевные качества семян сои в условиях красноярской лесостепи / Вестник КрасГАУ. – 2015. – № 5 (104). – С. 113-116.
25. Дмитриева И.Г. Замещенные изоксазолопиридины в качестве гербицидных антидотов на подсолнечнике / И.Г. Дмитриева, Л.В. Дядюченко, Н.А. Макарова // в сборнике: Научное обеспечение производства сельскохозяйственных культур в современных условиях. 2016. С. 88-91.
26. Добрева Н.И. Влияние совместного применения гербицидов и антистрессовых препаратов на сорную растительность и урожайность ячменя / Н.И. Добрева, Л.А. Дорожкина, Л.М. Поддымкина // Защита и карантин растений. 2016. № 4. С. 24-26.
27. Добрынин В.А. Экономика сельского хозяйства. – М. Агропроиздат. 1990. – 271 с.
28. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов // – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
29. Душко О.С., Синеговская В.Т., Кузин В.Ф. Влияние гербицидов на фотосинтетическую и семенную продуктивность сои / Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2012. – № 7 (93). – С. 11-13.
30. Ершова А.Н., Попова Н.В., Бердникова О.С. Продукция активных форм кислорода и антиоксидантные ферменты растений гороха и сои при гипоксии и высоком содержании CO₂ в среде / Физиология растений. 2011. Т. 58. № 6. С. 834-843.
31. Жирнова Д.Ф., Хижняк С.В., Сат Д.А. Влияние биостимуляторов различного происхождения на биохимические показатели и элементный состав проростков семян сои / Д.Ф. Жирнова, С.В. Хижняк, Д.А. Сат // Успехи современной науки. 2015. № 2. С. 78-83.
32. Жуков, Ю.П. Получение программированных урожаев зерна озимых культур при комплексном применении средств химизации / Ю.П. Жуков, Т.П. Дадабаева, С.А. Фирсов, И.М. Хайруллин. – Известия ТСХА, 1991. – №6. – С. 67-80.

33. Жученко А.А. Адаптивное растениеводство (эколого-генетические основы). Теория и практика. В трех томах. – М.: Изд-во Агрорус, 2008. Том I.
34. Зарипов И.Р. Влияние глифосата на ячмень (на примере ячменя сорта "челябинский 99") / И.Р.Зарипов, Э.А.Галимова, Л.М.Мрясова // Достижения науки и образования. 2018. № 1 (23). С. 34-39.
35. Захаренко, В.А. Химическая защита растений в России в конце XX – начале XXI века / В.А. Захаренко // Защита и карантин растений. – 2006. – № 3. – С. 6-10.
36. Зенков, Н. К., Кандолинцева Н. В., Ланкин В. З., Меньщикова Е. Б., Просенко А. Е. Фенольные биоантиоксиданты. Фенольные биоантиоксиданты / Новосибирск: СО РАМН, 2003. – 328 с.
37. Зольникова Е.В., Постников А.Н. Последствие обработки материнских растений кормовой свеклы регуляторами роста в первый год выращивания на урожайность и качество семян // Земледелие. 2016. № 7. С. 39-41.
38. Иваченко Л.Е. Введение в эндоэкологию. Ч.1 Молекулярные механизмы адаптации: учебное пособие /Л.Е. Иваченко // Благовещенск: Изд-во БГПУ, 2006. – 145 с.
39. Иваченко Л.Е. Ферменты как маркеры адаптации сои к условиям выращивания: автореферат дис. ... д-ра биол. наук / Л.Е. Иваченко; Моск. гос. обл. ун-т. – М., 2012. – 46 с.
40. Иваченко, Л.Е. Ферменты как маркеры адаптации сои к условиям выращивания: монография / Л.Е. Иваченко. – Благовещенск: Изд-во БГПУ, 2011.– 192 с.
41. Иваченко Л.Е. Ферменты сои: монография / Л.Е. Иваченко // Благовещенск: Изд-во БГПУ, 2010. – 214 с.
42. Иваченко Л. Е., Коничев А. С. Роль биологически активных веществ сои в адаптации к условиям выращивания: монография / Московский государственный областной университет. – М.: МГОУ, 2016. – 154 с.
43. Ильинская, Л.И. Биохимические аспекты индуцированной устойчивости и восприимчивости растений / Л.И. Ильинская, Н.И. Васюкова, О.Л.

Озерцековская // Итоги науки и техники: серия «Защита растений». – М.: ВИНТИ, 1991. – Т.7. – 196с.

44. Калинин, Ф.Л. Регуляция метаболизма растительной клетки / Ф.Л. Калинин, В.П. Лобов, Н.И. Ястремович и др. – Киев: Наукова думка, 1973. – 224 с.

45. Каталог сортов сои селекции Всероссийского НИИ сои: Коллективная научная монография / Н.Д. Фоменко, В.Т. Синеговская, Н.С. Слободяник, О.О. Клеткина, Г.Н. Беляева, Е.Н. Мельникова, А.Я. Ала // ФГБНУ ВНИИ сои. – Благовещенск: ООО «Издательско-полиграфический комплекс «ОДЕОН», 2015. – 96 с.

46. Каманина Л.А. Влияние агроэкологических факторов на качество семян среднеспелых сортов сои в Амурской селекции // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2018. – № 3 (72). – С. 153–157. doi:10.21515/1999-1703-72-167-171.

47. Кашина, В.А., Селихова О.А., Горбачева А.С., Шарутин В.В. Оценка степени биологической миграции тяжелых металлов при использовании микробиологических удобрений и регуляторов роста растений / Проблемы экологии Верхнего Приамурья: сб. науч. тр. // под общ.ред. Л.Г. Колесниковой. – Благовещенск: Изд-во БГПУ, 2009. Вып. 11. С. 3-12.

48. Кефели, В.И. Химические регуляторы растений / В.И. Кефели, Л.Д. Прусакова. М.: Знание, 1985 г. – 63 с.

49. Коломийцев, Ф.Б. Возможности использования фронтьера под сою в разные сроки / Ф.Б. Коломийцев // Аграрные проблемы научного обеспечения Дальнего Востока: материалы науч.-практ. конф., посвящённой 45-летию создания Всероссийского НИИ сои: в 2-х томах. ВНИИ сои. – Благовещенск: Изд-во ООО «Типография», 2013. – С. 83-89.

50. Колупаев Ю.Е. Антиоксиданты растительной клетки, их роль в АФК – сигналинге и устойчивости растений / Ю.Е. Колупаев // Успехи современной биологии. 2016. Т. 136. № 2. С. 181-198.

51. Кононов Г.Н. и др. Перспективы использования бетулинсодержащих отходов окорки древесины в качестве комплексного сорбента / Кононов Г.Н., Кудряшов А.В., Веревкин А.Н., Сердюкова Ю.В., Косарев К.Л. // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2017. Т. 21. № 1. С. 84–87. DOI: 10.18698/2542-1468-2017-1-84-87.
52. Коптелова, Е.Н. Извлечение экстрактивных веществ и бетулина из бересты при воздействии свч-поля / Е.Н. Коптелова, Н.А. Кутакова, С.И. Третьяков // Химия растительного сырья. – 2013. – № 4. – С. 159-164.
53. Коробова Л.Н., Танатова А.В. Реакция почвенной микрофлоры на длительное применение разных по уровню интенсификации технологий растениеводства / Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2010. – № 2 (206). – С. 17-21.
54. Коробова Л.Н., Шинделов А.В., Состояние агроценоза яровой пшеницы при применении повышенных доз гербицидов / Л.Н. Коробова, А.В. Шинделов // Вестник новосибирского государственного аграрного университета. – 2012. № 23-2. – С.12-16.
55. Косиков А.О. Некорневая подкормка удобрениями и их совместное использование с фиторегуляторами для повышения продуктивности и адаптивных свойств гороха / А.О. Косиков, Н.Е. Новикова, С.В. Бобков, А.А. Зеленов // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2019. – № 1 (29). – С. 4-10.
56. Кочетов Г.А. Практическое руководство по энзимологии: [Для биол. спец. ун-тов] / Под общ. ред. С.Е. Северина.– М.: ВШ, 1980. – 272 с.
57. Кошкин Е.И. Физиология устойчивости сельскохозяйственных культур: учебник / Е.И. Кошкин. –М.: Дрофа, 2010. – 638 [2] с.
58. Креславский В.Д. Сигнальная роль активных форм кислорода при стрессе у растений /В.Д. Креславский, Д.А. Лось, С.И. Аллахвердиев, Вл.В. Кузнецов // Физиология растений. – 2012. – Т. 59. – С. 1-16.
59. Кузнецова В.А. Роль листовничных экстрактов в адаптации сои к неблагоприятным условиям среды / В кн.: IX Съезд общества физиологов

растений России «Физиология растений – основа создания растений будущего». Тезисы докладов. Казань. – 2019. – С. 246.

60. Кузнецова В. А., Остронков В. С., Иваченко Л. Е., Конищев А. С. Влияние арабиногалакта на биохимические и биометрические показатели сои // Сб. научных трудов Международной научной конференции «Актуальные проблемы биологической и химической экологии» (Москва, 4-5 декабря 2014 г.). М.: МГОУ, 2014. С. 283-287.

61. Кузнецов В.В. Физиология растений: Учебник для вузов/В.В. Кузнецов, Г.А. Дмитриева. Изд.2-е, перераб. и доп.- М.: Высш.шк., 2006.- 742 с.

62. Куликова Н.Ф. Гербициды и экологические аспекты их применения / Н.Ф. Куликова // Москва: Книжный дом «ЛИБРОКОМ». 2010. 152 с.

63. Кшникаткина А. Н., Гудимо В. В. Применение гербицидов в комплексе с антидотами на посевах клевера паннонского // Нива Поволжья. 2013.№ 2 (27). С. 46-54.

64. Кшникаткина А.Н., Юров М.И. Влияние баковой смеси гербицида балерина и антидота альбит на формирование урожая и на качество зерна ярового голозерного ячменя // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2013.№ 3 (23). С. 41-45.

65. Кшникаткина А.Н. Гербициды и антидоты на посевах гороха / А.Н. Кшникаткина // В сборнике: Инновационные технологии в АПК: теория и практика сборник статей II Всероссийской научно-практической конференции. 2014. С. 122-127.

66. Ладонин В.Ф. Рациональное сочетание гербицидов и удобрений в посевах сельскохозяйственных культур / В.Ф. Ладонин. – М.: ВНИИТЭИСХ, 1984. – 64 с. 54. Лапина, Г.П. Пероксидазы растений и гидролазы: структурные и регуляторные свойства: Монография. - Тверь: Твер. гос.ун-т, 2009. - 116 с.

67. Лапина Г.П. Молекулярные механизмы изменчивости пероксидазы льна в раннем онтогенезе и их регуляция. Тверь: Твер.гос.ун-т. 1999. 232 с.

67. Лубянов А.А. и др. Ответные реакции культурных растений при применении регулятора роста стифуна в условиях абиотических стрессовых факторов / А.А. Лубянов, О.И. Яхин, З.Ф. Калимуллина, Р.А. Батраев, Е.М. Гайнетдинова // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2011. № 4 (32). С. 44-46.

68. Лукаткин А.С. Влияние регуляторов роста на проявления токсического действия гербицидов на растения / А.С. Лукаткин, А.С. Семенова, А.А. Лукаткин // Агрехимия. 2016. № 1. С. 73-95.

69. Лукьянчук Л.М., Хасбиуллина О.И. Оценка влияния биологически активных препаратов на сорта сои приморской селекции, их рост и развитие на ранних этапах онтогенеза, урожайность и иммунитет / Л.М.Лукьянчук, О.И. Хасбиуллина // Вестник ДВО РАН. 2016. № 2. С. 50–56.

70. Малый практикум по физиологии растений / Под ред. А.Т. Мокроносова. // – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1994. – 184 с.

71. Медведева З.М., Бабарыкина С.А. Урожайность и химический состав семян сои в зависимости от метеоусловий года / Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). 2006. – № 1 (4). – С. 34-38.

72. Мохамед Салех Мохамед. Эффективность экологически безопасных биостимуляторов роста на особенности сельскохозяйственных растений / Мохамед Салех Мохамед, А.С. Абакумова, Ш.Б.Байрамбеков // Естественные науки. 2009. № 3 (28). С. 51-57.

73. Мухина М.Т. Влияние регуляторов роста растений комплексного действия на фоне азотно-фосфорных удобрений на урожайность и качество сои в условиях Краснодарского края / М.Т. Мухина // Дис...к.б.н.. – Москва, 2017. – 171 с.

74. Озерцековская, О.Л. Олигосахариды как регуляторные молекулы растений / О.Л.Озерцековская, И.Г.Роменская // Физиология растений. – 1996. – Т.43. – №5. – С.743-751.

75. Пат. РФ, № 2358973. 3-[3,5-динитрофенил)карбоксамидо]-1,4,6- три- метил-5-хлорпиразоло [3,4-b]пиридин в качестве антидота 2,4-Д на подсол-

нечнике / В.Д. Стрелков, Л.В. Дядюченко, Л.И. Исакова, Д.Ю. Назаренко, И.Г. Дмитриеваю – Опубликовано 20.06.2009 г.

76. Первушина, А.Н. Влияние регуляторов роста на энергию прорастания и лабораторной всхожести семян озимых сортов пшеницы / А.Н. Первушина, Л.А. Мясникова // В сборнике: Прорывные научные исследования: проблемы, закономерности, перспективы. Сборник статей IX Международной научно-практической конференции: в 4 частях. – 2017. – С. 148-151.

77. Петибская В.С., Назаренко С.В., Баранов В.Ф., Кочегура А.В. Влияние биологических особенностей сорта и условий выращивания сои на биохимический состав семян // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2000. – № 4 (257). – С. 14-18

78. Петибская В.С. Соя: Химический состав и использование / Под редакцией академика РАСХН, д-ра с.-х. наук В.М. Лукомца. – Майкоп: ОАО «Полиграф-ЮГ», 2012. – 432 с.

79. Плохинский Н.А. Биометрия. / Н.А. Плохинский. – М.: Изд-во МГУ, 1970. – 367 с.

80. Полесская О.Г. Растительная клетка и активные формы кислорода: учебное пособие / О.Г. Полесская; Под ред. И.П. Ермакова. – Москва: КДУ, 2007. – 140 с.

81. Разанцев В. И., Иваченко Л. Е., Кузнецова В. А., Разанцев П. Н. Влияние дигидрохверцетина и листовничного масла на биометрические показатели, каталазную и пероксидазную активность сои / Материалы научно-практической конференции, посвященной 45-летию создания Всероссийского НИИ сои «Аграрные проблемы научного обеспечения Дальнего Востока». Благовещенск: Изд-во ГНУ ВНИИ сои, 2013. Т. I. С. 106-110.

82. Ракитин Ю.В. Химические регуляторы жизнедеятельности растений // Избранные труды / Ю.В. Ракитин. – М.: Наука, 1983. – 259 с.

83. Рафальский С.В. Влияние защитных агрокомплексов на засоренность и урожайность посевов сои / С.В. Рафальский, Д.А. Малышев, Н.Н. Лысенко // Итоги координации НИР по сое за 2011-2014 годы: Сб. науч. ст. по матери-

алам координационного совещания по сое зоны Дальнего востока и Сибири (с международным участием), 09-10 сентября 2015 г. – Благовещенск, 2015. – С. 97–102.

84. Рогожин, В.В. Пероксидаза как компонент антиоксидантной системы живых организмов. СПб.: ГИОРД, 2004. 240 с.

85. Рогожин В.В. Пероксидаза: строение и механизм действия / В.В. Рогожин, В.В. Верхотуров, Т.В. Рогожина. – Иркутск: Из-во ИГТУ, 2004. – 200 с.

86. Романова Е.В., Маслов М.И. Регуляторы роста и развития растений с фунгицидными свойствами / Е.В. Романова, М.И. Маслов // Защита и карантин растений. 2006. № 5. С. 26-27.

87. Рябушкина, Н.А. Синергизм действия метаболитов ветвистых реакция растений на стрессовые факторы / Н.А.Рябушкина // Физиология растений. – 2005. – Т.52. – №4. – С.614-621. 14.

88. Рябчинская Т.А., Бобрешова И.Ю., Саранцева Н.А. Регуляторы роста растений на основе сигнальных веществ / Т.А. Рябчинская, И.Ю. Бобрешова, Н.А. Саранцева // ВЕЛЕС. Громадська Організація "Фундація Економічних Ініціатив" Общественная Организация "Фундация Экономических Инициатив"(Киев). 2016. № 2-1 (32). С. 140-144.

89. Селихова О.А. Генетические и экологические особенности биохимического состава семян исходного материала для селекции сои: автореферат дис. ... канд. с.-х. наук 06.01.05 / Селихова О.А.; Приморский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – п. Тимирязевский, 2003. – 26 с.

90. Семена сельскохозяйственных культур. Методы анализа. – М.: ИПК изд-во стандартов, 2004. – 550 с.

91. Синеговская В.Т., Душко О.С. Влияние квантов света на биохимический состав семян в условиях гербицидной нагрузки // Вестник российской сельскохозяйственной науки, 2019. – № 3. – С. 29-32. DOI: 10.30850/vrsn/2019/3/29-32.

92. Синеговская В.Т., Чепелев Г.П. Продуктивность посевов сои в зависимости от совместного применения гербицидов и биологически активных веществ в Приамурье / В.Т. Синеговская, Г.П. Чепелев // Дальневосточный аграрный вестник. 2018. – № 2 (46). – С. 44-51.
93. Синеговская В.Т. Изучение устойчивости растений сои к гербицидам на основе использования современных физиологических и биохимических методов / В.Т. Синеговская, О.С. Душко, Л.Е. Иваченко // Вестник ДальГАУ. – Благовещенск, 2012. – №4 – С.13–17.
94. Синеговская В.Т., Терехова О.А., Лаврентьева С.И., Иваченко Л.Е., Голохваст К.С. Влияние тяжелых металлов на окислительные процессы в проростках сои. / Российская сельскохозяйственная наука, 2019. –№ 6.– С.27-30. DOI:<https://doi.org/10.31857/S2500-26272019627-30>.
95. Синеговский М.О. Методика экономической оценки технологий возделывания сортов сои в условиях Приамурья. Методическое пособие / Благовещенск, 2014.
96. Сорока С.В. Десикация зерновых культур в Белоруссии /– РУП «Институт защиты растений», 2011. – С. 9-10.
97. Спиридонов Ю.Я., Хохлов П.С., Шестаков В.Г. Антидоты гербицидов // Агротехника. 2009. № 5. С. 81-91.
98. Соя / Под ред. А. В. Новикова. – М.: Россельхозиздат, 1978. – 163с.
99. Стаценко А.П. Метод определения силы роста семян /А.П. Стаценко, Ф.А. Бутылкин // Зерновое хозяйство. – 2002. – № 6. – С. 33–34.
100. Строна И.Г. Общее семеноведение полевых культур. – М.: Колос, 1966.-464 с.
101. Сырмолот О.В., Брагина В.В. Результаты исследований действия биологических препаратов на продуктивность сои // Дальневосточный аграрный вестник. 2016. № 4 (40). С. 74-80.
102. Сырмолот О.В. Продуктивность сои в зависимости от применения биопрепаратов в условиях Приморья // Сибирский вестник с/х науки. 2014. № 4(239). С. 62-67.

103. Сырмолот, О.В. Экстрасол и продуктивность сои в Приморском крае / О.В. Сырмолот // Земледелие. – 2013. – № 3. – С. 47–48.
104. Технология возделывания сои в Амурской области: методические рекомендации. – Благовещенск, 2009. – 72 с.
105. Титов, А.Ф. Устойчивость растений и фитогормоны / А.Ф.Титов, В.В.Таланова. – Петрозводск: Карельский научный центр РАН, 2009. – 206 с.
106. Трусевич, А.В. Индукторы иммунитета как элемент защиты овощных культур от болезней / А.В.Трусевич, О.М.Конова // Вестник РАСХН. – 2000. – №6. – С.47-49.
107. Тютюрев С.Л. Физиолого-биохимические основы управления стрессоустойчивостью растений в адаптивном растениеводстве.// Вестник защиты растений. 2000. – №1. – С.11-33.
108. Филиппов А. С., Немченко В. В. Антидотная эффективность препарата гумимакс при совместном применении с разными гербицидами на посевах яровой пшеницы / А. С.Филиппов, В. В.Немченко // Аграрный вестник Урала. 2017.№ 10 (164). С. 10.
109. Филипцова Г. Г., Варакса Т. С., Юрин В. М. Исследование элиситорного действия синтетического пептида GmPep914 на проростки сои // Вестн. БГУ. Сер. 2, Химия. Биология. География. 2016. № 2. С. 23–29.
110. Фомичев Ю.П. и др. Дигидрокверцетин и арабиногалактан – природные биорегуляторы в жизнедеятельности человека и животных, применение в сельском хозяйстве и пищевой промышленности [текст] монография / Ю.П. Фомичев, Л.А. Никанова, В.И. Дорожкин, А.А. Торшков, А.А. Романенко, Е.К. Еськов, А.А. Семенова, В.А. Гоноцкий, А.В. Дунаев, Г.С. Ярошевич, С.А. Лашин, Н.И. Стольная. – М.: «Научная библиотека», 2017. – 702 с.
111. Хайрулина Т.П., Тихончук П.В. Изменение продуктивности сои под действием температурного стрессора / Достижения науки и техники АПК. – 2012. – № 2. – С. 48-49.

112. Хохоева, Н.Т. Влияние биопрепаратов и регуляторов роста на продуктивность посевов сои / Н.Т. Хохоева // Научная жизнь. – 2015. – № 2. – С. 32–37.
113. Хусаинов М.А. Разработка новых синтетических регуляторов роста растений, обладающих антистрессовой активностью / М.А. Хусаинов, Т.Д. Хлебникова, Т.В. Леус, С.А. Гришин // Современные наукоемкие технологии. 2005. № 9. С. 87-89.
114. Цыбиков, Б.Б. Продуктивность яровой пшеницы при использовании гербицидов в условиях сухостепной зоны бурятии/ Б.Б. Цыбиков, А.П. Батудаев, В.А. Соболев // Вестник ИрГСХА. – 2015. – № 66. – С. 32-39.
115. Чалова, Л.И. Активности пероксидазы и полифенолоксидазы как маркеры системной сенсбилизации клубней картофеля / Л.И.Чалова, К.А.Караваева, О.Л.Озерцековская // Микология и фитопатология. – 1985. – Т.19. – №6. – С.495.
116. Чекуров В.М. Новые регуляторы роста растений / В.М. Чекуров, С.И. Сергеева, Л.Д. Жалиева, В.Е. Козлов, В.В. Вакуленко // Защита и карантин растений. 2003. № 9. С. 20-21.
117. Чистяков В.А. Неспецифические механизмы защиты от деструктивного действия активных форм кислорода // Успехи современной биологии. 2008. Т. 128. № 3. С. 300-306.
118. Чудинова Л.А., Орлова Н.В. Физиология устойчивости растений: учеб. пособие/ Перм. ун-т. Пермь, 2006. 124 с.
119. Физиология устойчивости растений: учеб. пособие к спецкурсу/ Л.А. Чудинова, Н.В. Орлова; Перм. ун-т. – Пермь, 2006. – 124с.
120. Шаповал О.А. Биологическое обоснование использования регуляторов роста растений в технологии выращивания озимой пшеницы / О.А. Шаповал // Автореф. дис... д. с-х. н. – Краснодар. – 2005. – 52 с.
121. Шаповал О.А. Влияние регуляторов роста растений нового поколения на рост и продуктивность растений сои / О.А. Шаповал, И.П. Можарова, М.Т. Мухина // Плодородие. 2015. № 5 (86). С. 32-34.

122. Шаповал О.А., Вакуленко В.В., Прусакова Л.Д. Технология применения регуляторов роста растений // Прил. к журн. «Защита и карантин растений». – 2008. – № 12. – С. 70 – 88.

123. Шведов И.В. Связь продуктивности сои с биохимическим составом семян / Научно-технический бюллетень Всесоюзного научно-исследовательского института масличных культур. 2004. – № 1 (130). – С. 46-54.

124. Шевелуха, В.С. Рост растений и его регуляция в онтогенезе / В.С.Шевелуха. – М.: Колос, 1992. – 594 с.

125. Щучка Р.В. Особенности влияния биопрепаратов и стимуляторов роста и способа их применения на урожай и качество семян сои: монография. – Елец: Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина, 2016. – 90 с.

126. Юшкова Е.И. Изучение влияния активного вещества биогумуса на антиоксидантную систему проростков гороха // Е.И. Юшкова, Н.Е. Павловская Н.И. Ботуз // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. 2010. № 2. С. 120-125.

127. Яблонская Е.К. Возделывание озимой пшеницы с использованием обработки растений экзогенными регуляторами / В.В. Котляров, Ю.П. Федулов и др. // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2012. – Выпуск 3. С. 81-87.

128. Яппаров, И.Ф. Эффективность совместного применения природного регулятора роста растений "Стифун" с гербицидами на растениях яровой пшеницы / И.Ф. Яппаров, А.А. Кулагин // Вестник Удмуртского университета. Серия Биология. Науки о Земле. 2013. – № 4. – С. 73-77.

129. Ятчук П.В. Влияние десикантов Реглон Супер и Торнадо на урожайность и качество зерна сои / Зернобобовые и крупяные культуры. – 2018. – № 1 (25). – С. 43-48.

130. Apel K., Hirt H. Reactive Oxygen Species: Metabolism, Oxidative Stress, and Signal Transduction // Annu. Rev. PlantBiol. 2004. V. 55. P. 373–399.

131. Aghaei K., Ehsanpour A.A., Komatsu S. Potato responds to salt stress by increased activity of antioxidant enzymes // *J. Integr. Plant Biol.* 2009. Vol. 51. Pp. 1095-1103.

132. Ashenafi Mitiku, Dawit Dalga. Effect Of Herbicides On Weed Dynamics And Yield And Yeild Attribute Of Bread Wheat (*Triticum Aestivum L.*) In South Eastern Part Of Ethiopia // *International journal of technology enhancements and emerging engineering research*, vol 2, ISSUE 4 133 ISSN 2347-4289. P. 130-133.

133. Berni J, Zarco-Tejada PJ, Suarez L and Fereres E (2009). Thermal and narrowband multispectral remote sensing for vegetation monitoring from an un-manned aerial vehicle. *IEEE Trans Geosci Remote Sens*, 47(3):722–7.

134. Boris Boiarskii, Hideo Hasegawa, Mikhail Sinegovskii, Valentina Sinegovskaia and Grigorii Chepelev, 2019. Application of NDVI Data to Analyse the Effects of Sowing Methods and Seeding Rates on Soybean Crop Yield. *Journal of Engineering and Applied Sciences*, 14: 4290-4294.

135. Boyer J.S. Plant productivity and environment. *Science*. – 1982. – № 218. – P. 443-448.

136. Bruinsma, Y. Growth regulators in horticulture / Y.Bruinsma. *Sci. Hort*, 1985. – P. 1-11.

137. Carla Alves Effect of herbicides in the oxidative stress in crop winter species / *Anais da Academia Brasileira de Ciências* (2018) 90(2): 1533-1542 (*Annals of the Brazilian Academy of Sciences*)

138. Carlson TN and Ripley DA (1997). On the relation between NDVI, fractional vegetation cover, and leaf area index. *Remote Sens. Environ.*, 62: 241–252.

139. Comparative analysis of seed proteome of *Glycine max* and *Glycine soja* / T. Hashiguchi, M. Hashiguchi, H. Tanaka, et al. // *Crop Science*. 2020 Vol. 60 Is. 3 P. 1530–1540. doi: 10.1002/csc2.20131.

140. Durnev G. I., Yatchuk P. V. The impact of desiccants and growth regulators on the sowing quality of soya seeds. // *Vestnik Orel GAU. Orel State Adrarian University*, june 2013. – T. 42. – № 3. – C. 24-28.

141. El-Banna Y., Attia T. Root tip meristematic cell and leaf chloroplast structure in three barley (*Hordeum vulgare* L.) genotypes exposed to salinity stress // *Cytologia*. – 1999. – №64. – P. 69-76.

142. Fabiano André Petter, Alan Mario Zuffo, Leandro Pereira Pacheco. Effect of Acetolactate Synthase Inhibitor Herbicides on Upland Rice (*Oryza Sativa* Linn.) Cultivars / *Journal of Agricultural Science*; Vol. 5, No. 10; 2013. – P. 99-107.

143. Gong, H.J. Effect of silicon on dependence of wheat against oxidative stress under drought at different development stages / H.J. Gong, K.M. Chen, Z.G. Zhao, G.C. Chen, W.J. Zhou // *Biologia Plantarum*. – 2008. – Vol. 52. – N 3. – P. 592-596.

144. Gonzalo Luis Pérez. Effects of Herbicide Glyphosate and Glyphosate-Based Formulations on Aquatic Ecosystems / Gonzalo Luis Pérez, María Solange Vera and Leandro Andrés Miranda // *Herbicides and Environment*. 2011.P. 343-368.

145. Girdhari Lal. Imazethapyr Effects on Soil Enzyme Activity and Nutrient Uptake by Weeds and Greengram (*Vigna radiata* L.) / Girdhari Lal, S.M. Hiremath and Kailash Chandra // *Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci* (2017) 6(3): 247-253.

146. Handbook of Seed Vigour Test Methods / Ed. J.G. Hampton, D.M. TeKrony. ISTA Vigour Test Committee, Zurich, Switzerland. 3rd Edition, 1995. - 120 p.

147. Hazubska-Przybyl, T. Growth regulators and guaiacol peroxidase activity during the induction phase of somatic embryogenesis in *Picea* species / T. Hazubska-Przybyl and [all.] // *Dendrobiology*. – 2013 – V. 69, P. 77-86.

148. Herman B. Effect of 1,10-phenanthroline on peroxidase and catalase activity and chlorophyll, sugar, and ascorbic acid contents / B. Herman, R.Biczak, E.Gurgul // *Biologia Plantarum*–1998, Volume 41, Issue 4, pp 607-611.

149. Hoffman O.L. Inhibition of auxin effects by 2,4,6-trichlorophenoxyacetic acid // *Plant Physiol*. 1953. V. 28. P. 622–628.

150. Hoffman O.L., Gull P.W., Zeisig H.C., Epperley J.R.C. Factors influencing wild oat control with barban // Proc. North. Cen. Weed Cont. Conf. 1960. V. 17. P. 20.

151. Horie T., Lee J.I. Sodium transporters in plants: diverse genes and physiological functions // Plant Physiol. – 2004. – № 136. – P. 2457-2462.

152. Lukatkin A.S., Garkova A.N., Bochkarijova A.S., Nushtaeva O.V., da Silva JAT (2013). Treatment with the herbicide TOPIK induces oxidative stress in cereal leaves. Pestic Biochem Physiol 105: 44-49.

153. Lowry O.H., Resebrought N.J., Farr A.L., Randall R.J. Protein measurement with the Folin phenol reagent // J. Biol. Chem. – 1951. – V. 193, No 1. – P. 265–275.

154. Lurch D.V., Thompson G.A. Microsomal Phospholipid Molecular Species Alterations during low Temperature Acclimations in *Dunaliella salina* // Plant Physiol. – 1984. – V. 74.– № 2. – P. 193–197.

155. Marcos André Nohatto Antioxidant activity of rice plants sprayed with herbicides, Pesq. Agropec. Trop., Goiânia, v. 46, n. 1, p. 28-34, Jan./Mar. 2016

156. Meallengni, G. Chlormequat (CCC) per la concia dei cereal / G. Meallengni, E. Orsi. – Sementi Ellette. – 1985. – T. 31. –№ 1-2. – P. 43–47.

157. Munns R., Tester M. Mechanisms of salinity tolerance // Annu. Rev. Plant Biol. – 2008. – №59. – P. 651-681.

158. Norma Gonzalez. Effect of soil interacting herbicides on soybean / Juan Jose Eyherabide, Maria Ignacia Barcelonna, Alfredo Gaspari and Silvina Sanmartino // Pesq. agropec. bras., Brasília, v.34, n.7, p.1167-1173, jul. 1999.

159. Oerke, E.C. (2006) Crop losses to pests. Journal of Agricultural Science 144, 31-43.

160. Pareek, A. Mitigating the impact of climate change on plant productivity and ecosystem sustainability / A. Pareek, O.P. Dhankher, C.H. Foyer // Journal of Experimental Botany. – 2020. – Vol. 71, iss. 2. – P. 451–456.

161. Proteolytic activity and cysteine protease expression in wheat leaves under severe soil drought and recovery / L. Simova-Stoilova I. Vaseva, B. Grigorova, etk. // *Plant Physiol. Biochem.* 2010. Vol. 48. Pp. 200-206.

162. Pucciariello C., Banti V., Perata P. ROS signaling as common element in low oxygen and heat stresses // *Plant Physiol. Biochem.* 2012. V. 59. P. 3-10.

163. Ramawatar Yadav and M.S. Bhullar. Residual effects of soybean herbicides on the succeeding winter crops // *Indian Journal of Weed Science* 46(3): 305–307, 2014.

164. Reyhaneh Sariri, Fazel Najafi and Vahab Jafarian Peroxidase activity in leaves of plane tree as a marker of air pollution in rasht // *Regional and Global Scales. Istanbul – Turkey, 2005. – pp. 946-953.*

165. Sugandha Varshney. Effects of herbicide applications in wheat fields Is phytohormones application a remedy? *Plant Signal Behav.* 2012 May 1; 7(5): 570–575.

166. Sairam R.K., Deshmukh P.S, Saxena D.C. Role of antioxidant systems in wheat genotypes tolerance to water stress // *Biol. Plant.* 1998. Vol. 41. Pp. 387-394.

167. Singh G. *The Soybean: Botany, Production and Uses, USA, 2010. – P. 494.*

168. Suzuki N., Mittler R. Reactive oxygen species and temperature stresses: A delicate balance between signaling and destruction // *Physiol. Plant.* 2006. V. 126. P. 45-51.

169. *The pesticide manual, 13th ed. / Ed /: C.D.S. Tomlin // Alton, UK: British Crop Protection Council Publications. 2003. P.552-553.*

170. Tognolli M., Penel C., Greppin H., Simon P. Analysis and expression of the class III peroxidase large gene family in *Arabidopsis thaliana* // *Gene.* 2003. V. 288. P. 129-138.

171. Tucker CJ (1979). Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Remote Sensing of Environment*, 8(2): 127–150.

172. Vijay K. Nandula, Heather L. Tyler. Effect of New Auxin Herbicide Formulations on Control of Herbicide Resistant Weeds and on Microbial Activities in the Rhizosphere // American Journal of Plant Sciences.2016. № 7. P. 2429-2439.

173. Wang M.E., Zhou Q.X. Effects of herbicide chlorimuron-ethyl on physiological mechanisms in wheat *Triticum aestivum*. *Ecotoxicol Environ*. 2006. Saf 64: 190-197.

174. Wang J. Use of phytohormones in improving abiotic stress tolerance in rice / Jian Wang, Faisal Islam, Chong Yang, Meijuan Long, Lan Li, Luyang Hu1, Rafaqat A. Gill, Guanglong Wan and Weijun Zhou // *Advances in Rice Research for Abiotic Stress Tolerance*. 2018. P. 651-675.

DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814332-2.00032-0>

175. Whelan BM and McBratney, AB (2012). Downscaling for site-specific crop management needs? In: B. Minasny, BP Malone and AB McBratney (eds), *Digital Soil Assessments and Beyond*, Taylor and Francis, pp. 353–35.

176. Islam F. Potential impact of the herbicide 2,4-dichlorophenoxyacetic acid on human and ecosystems / Faisal Islam, Jian Wang, Muhammad A. Farooq, Muhammad S.S. Khan, Ling Xu, Jinwen Zhu, Min Zhao, Stéphane Muños, Qing X. Li, Weijun Zhou // *Environment International* (2017). <https://doi.org/10.1016/j.envint.2017.10.020>.

СПИСОК УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

АОА – антиоксидантная активность

АОС – антиоксидантная система

АФК – активные формы кислорода

БАВ – биологически активные вещества

БПЛА – беспилотный летательный аппарат

НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

ГОСТ 12038–84 Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести

ГОСТ 12042–80 Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения массы 1000 семян

ГОСТ 32749–2014 Семена масличные, жмыхи и шроты. Определение влаги, протеина, клетчатки методом спектроскопии в ближней инфракрасной области. – М.: Стандартинформ, 2015. – 6 с.

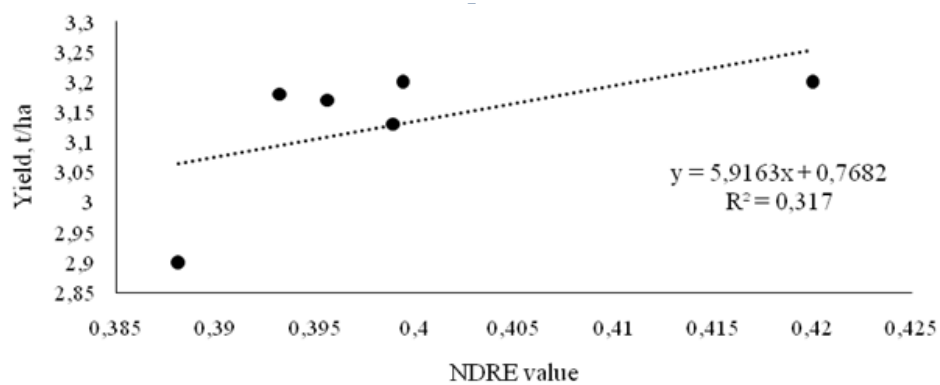
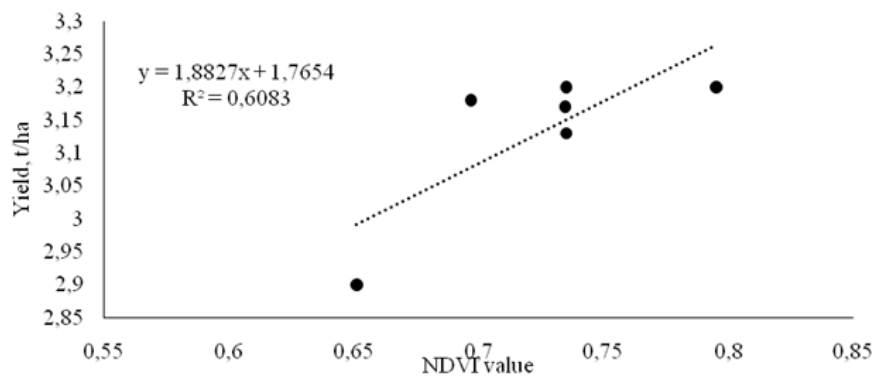
ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Метеорологические показатели вегетационного периода в южной зоне Амурской области, 2016-2019 гг..

Месяц	Температура, °С (г. Благовещенск)					Осадки, мм (с. Садовое)				
	за декаду			средне- месяч- ная	средне- много- летняя	за декаду			за месяц	средне- много- летние
	I	II	III			I	II	III		
2016 год										
Май	12,9	14,3	12,9	13,4	12,9	1	45	30	77	39
Июнь	15,4	17,0	18,7	17,0	18,8	16	39	56	111	85
Июль	22,3	22,2	22,3	22,3	21,5	10	1	38	49	106
Август	21,8	19,6	16,8	19,4	19,2	23	17	34	74	103
Сентябрь	17,7	13,9	11,8	14,5	12,4	46	29	8	83	66
Октябрь	3,4	0,8	-5,4	0,4	2,2	7	12	2	21	20
Сумма активных температур				2664	2471	Всего			415	419
2017 год										
Май	14,0	14,6	13,9	14,2	12,4	23,0	10,5	8,5	42,0	39
Июнь	14,9	19,7	22,4	19,0	18,8	18,9	45,3	13,0	77,2	85
Июль	26,7	21,4	19,4	22,5	21,5	9,6	39,0	19,3	67,9	106
Август	20,8	23,9	14,8	19,8	19,2	118,2	0	35,6	153,8	103
Сентябрь	15,7	13,7	9,9	13,1	12,4	11,6	16,4	17,2	45,2	66
Октябрь	4,1	1,1	0,3	1,8	2,7	41,4	7,0	0,4	48,8	20
Сумма активных температур				2396	2471	Всего			434,9	419
2018 год										
Май	11,3	15,8	16,9	14,4	12,4	3,5	15,8	5,8	25,1	39
Июнь	18,9	16,1	18,4	17,9	18,8	17,7	142,2	28,3	188,2	85
Июль	20,9	22,8	22,9	22,3	21,5	14,6	84,7	82,5	181,8	106
Август	21,3	19,4	19,5	20,1	19,2	10,7	2,8	47,7	61,2	103
Сентябрь	13,9	14,4	12,1	13,4	12,4	24,4	10,7	18,0	53,1	66
Октябрь	10,2	5,9	0,4	5,5	2,7	6,6	5,4	0	12,0	20
Сумма активных температур				2709	2471	Всего			522	419
2019 год										
Май	10,3	13,7	13,0	12,3	12,4	2,7	33,3	30,6	66,6	39
Июнь	18,8	16,5	19,6	18,3	18,8	1,3	84,5	8,6	94,4	85
Июль	21,1	22,6	20,3	21,3	21,5	58,7	61,8	126,3	246,8	106
Август	20,3	18,2	18,2	18,9	19,2	57,4	22,3	25,7	105,4	103
Сентябрь	17,7	11,0	11,7	13,5	12,4	19,8	23,1	2,7	45,6	66
Сумма активных температур				2347	2471	Всего			558,8	419

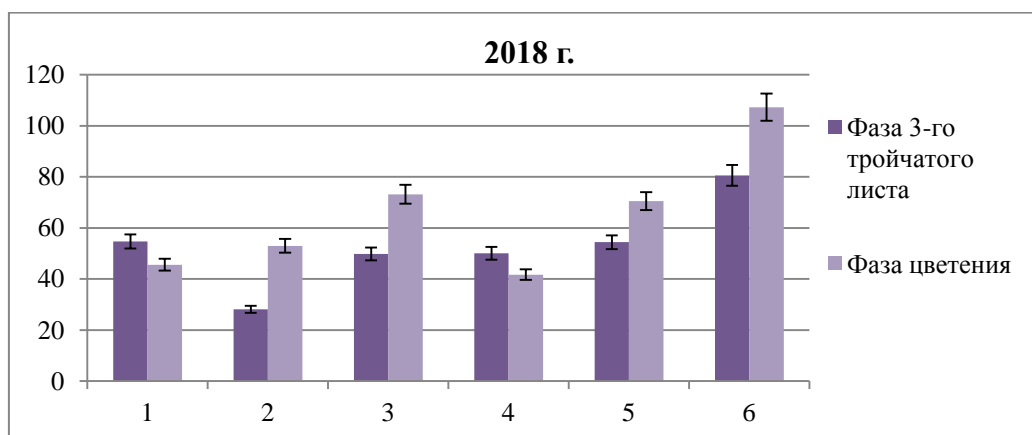
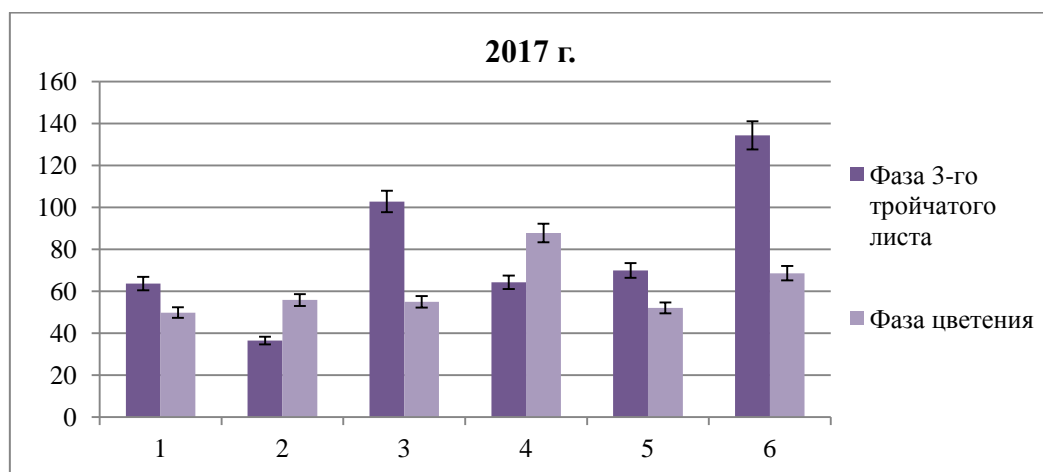
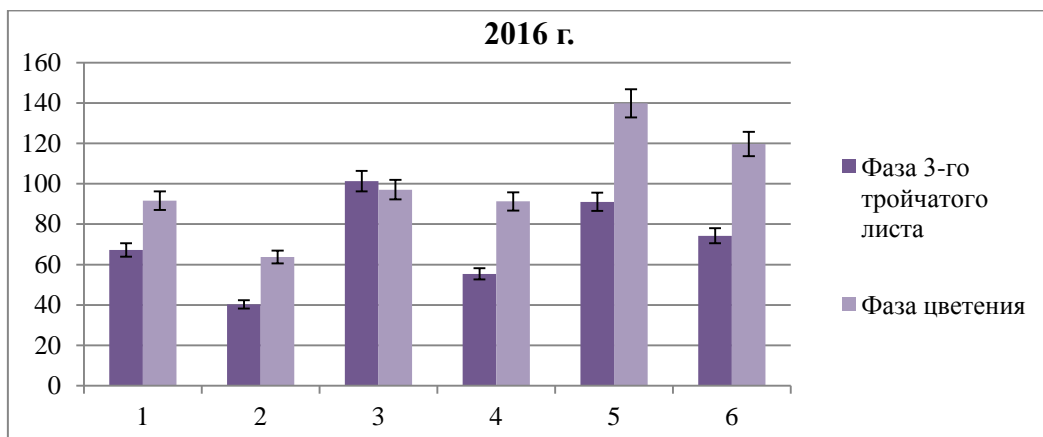
ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Зависимость полученной урожайности к индексу NDVI



ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Активность пероксидазы в листьях сои сорта МК 100 при совместном применении биологически активных веществ и гербицида Пульсар



1 – контроль (без обработки); 2 – Пульсар (0,8 л/га); 3 – БиоЛарикс (20г/т); 4 – БиоЛарикс (20г/т)+ Пульсар (0,8 л/га); 5 – ЭкстраКор(20 г/т); 6 – ЭкстраКор (20 г/т) + Пульсар(0,8 л/га)

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Биометрические показатели растений сои сорта МК 100.

Вариант	Высота, см	Количество, шт / 1 раст.		Масса семян с 1 растения
		бобов	зерен	
2016 г.				
Контроль	62,3	23,8	45,4	6,2
Пульсар (0,8 л/га)	58,3	24,9	46,6	6,4
БиоЛарикс (20 г/т)	61,6	25,7	51,5	7,1
БиоЛарикс (20 г/т) + Пульсар (0,8 л/га)	57,4	27,6	51,2	6,8
ЭкстраКор (20 г/т)	58,1	28,1	52,9	7,4
ЭкстраКор (20 г/т) + Пульсар (0,8 л/га)	56,1	26,3	50,3	7,2
НСР ₀₅		1,8	4,3	0,47
2017 г.				
Контроль	90,6	33,1	62,0	9,57
Пульсар (0,8 л/га)	83,9	42,7	82,0	12,36
БиоЛарикс (20 г/т)	92,9	34,4	66,3	10,43
БиоЛарикс (20 г/т) + Пульсар (0,8 л/га)	87,2	35,1	71,4	10,96
ЭкстраКор (20 г/т)	91,2	40,9	82,2	12,89
ЭкстраКор (20 г/т) + Пульсар (0,8 л/га)	87,3	39,6	79,8	12,36
НСР ₀₅		5,7	16,2	1,91
2018 г.				
Контроль	73,6	24,6	42,1	8,37
Пульсар (0,8л/га)	65,4	24,4	44,0	8,47
БиоЛарикс (20 г/т)	68,2	21,5	41,2	8,38
БиоЛарикс (20 г/т) + Пульсар (0,8 л/га)	66,5	22,6	42,2	8,51
ЭкстраКор (20 г/т)	74,4	22,5	42,0	8,19
ЭкстраКор (20 г/т) + Пульсар (0,8 л/га)	77,3	23,1	42,3	8,38
НСР ₀₅		1,8	2,1	0,19

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

Биологическая урожайность сои сорта МК 100.

Вариант	Биологическая урожайность, т/га	
	среднее	прибавка
2016 г.		
Контроль	1,98	-
Пульсар (0,8л/га)	2,24	0,26
БиоЛарикс (20 г/т)	2,13	0,15
БиоЛарикс (20 г/т) + Пульсар (0,8л/га)	2,24	0,26
ЭкстраКор (20 г/т)	2,44	0,46
ЭкстраКор (20 г/т) + Пульсар (0,8л/га)	2,34	0,36
НСР ₀₅		0,24
2017 г.		
Контроль	2,13	-
Пульсар (0,8л/га)	2,42	0,29
БиоЛарикс (20 г/т)	2,55	0,42
БиоЛарикс (20 г/т) + Пульсар (0,8л/га)	2,48	0,35
ЭкстраКор (20 г/т)	2,74	0,61
ЭкстраКор (20 г/т) + Пульсар (0,8л/га)	2,69	0,56
НСР ₀₅		0,30
2018 г.		
Контроль	3,20	-
Пульсар (0,8л/га)	2,90	-0,3
БиоЛарикс (20 г/т)	3,13	-0,07
БиоЛарикс (20 г/т) + Пульсар (0,8л/га)	3,18	-0,02
ЭкстраКор (20 г/т)	3,17	-0,03
ЭкстраКор (20 г/т) + Пульсар (0,8л/га)	3,20	0
НСР ₀₅		0,26

ПРИЛОЖЕНИЕ 6

Влияние биологически активных веществ на аминокислотный состав белка в семенах сорта сои **МК 100** (%)

Вариант	Общий белок						
	всего	в т.ч. аминокислоты					
		гистидин	лейцин	метил гисти- дин	изо- лейцин	валин	тирозин
2017 г.							
Контроль (без обработки)	39,51	5,68	7,50	1,55	5,78	6,64	3,67
Пульсар (0,8 л/га)	36,97	7,89	7,82	1,47	6,31	7,54	3,31
БиоЛарикс (20 г/т)	38,73	8,57	7,58	1,73	5,99	7,37	3,41
БиоЛарикс (20 г/т) + Пульсар (0,8 л/га)	39,05	6,99	7,64	1,52	6,07	6,56	3,16
ЭкстраКор (20 г/т)	38,57	7,22	7,45	1,61	5,98	6,91	3,51
ЭкстраКор (20 г/т) + Пульсар (0,8 л/га)	39,78	5,65	7,72	1,80	5,26	7,34	4,39
2018 г.							
Контроль (без обработки)	37,74	6,99	8,56	1,56	5,28	6,03	4,35
Пульсар (0,8 л/га)	38,13	7,08	8,60	1,52	5,35	6,06	4,41
БиоЛарикс (20 г/т)	36,90	7,33	8,58	1,54	5,29	6,12	4,39
БиоЛарикс (20 г/т) + Пульсар (0,8 л/га)	37,86	7,21	8,70	1,60	5,18	5,96	4,55
ЭкстраКор (20 г/т)	38,38	7,89	8,48	1,60	5,29	6,06	4,24
ЭкстраКор (20 г/т) + Пульсар (0,8 л/га)	38,72	7,11	8,64	1,58	5,30	6,03	4,43

ПРИЛОЖЕНИЕ 7

Биометрические показатели растений сои сорта Китросса.

Вариант опыта		Количество, шт/1 раст.		Масса семян с 1 растения, г
		бобов	зерен	
перед посевом	по вегетирующим растениям			
2017 год				
Вода	Вода	30,8	60,0	8,81
	Пульсар (0,8 л/га)	30,9	64,4	10,06
	Бетулин (8 г/га) + Пульсар (0,8 л/га)	25,3	54,5	6,65
	ЭкстраКор (8г/га) + Пульсар (0,8 л/га)	30,2	62,6	9,17
Бетулин (20 г/т)	Вода	27,0	57,7	8,30
	Пульсар (0,8 л/га)	26,6	56,2	7,80
	Бетулин (8г/га) + Пульсар (0,8 л/га)	25,5	55,4	7,85
ЭкстраКор (20 г/т)	Вода	28,2	57,7	8,69
	Пульсар (0,8 л/га)	32,6	71,2	9,89
	ЭкстраКор (8 г/га) + Пульсар (0,8 л/га)	26,4	54,6	7,90
НСР ₀₅		4,8	7,1	1,41
2018 год				
Вода	Вода	22,8	47,2	8,96
	Пульсар (0,8 л/га)	19,9	37,7	7,42
	Бетулин (8 г/га) + Пульсар (0,8 л/га)	18,9	33,4	6,59
	ЭкстраКор (8г/га) + Пульсар (0,8 л/га)	20,5	36,8	7,15
Бетулин (20 г/т)	Вода	21,1	41,6	8,02
	Пульсар (0,8 л/га)	20,8	36,8	6,81
	Бетулин (8г/га) + Пульсар (0,8 л/га)	19,6	35,5	7,04
ЭкстраКор (20 г/т)	Вода	21,5	46,1	8,10
	Пульсар (0,8 л/га)	21,0	41,0	8,16
	ЭкстраКор (8 г/га) + Пульсар (0,8 л/га)	24,4	47,3	9,26
НСР ₀₅		3,1	6,3	1,17
2019 год				
Вода	Вода	27,8	53,8	8,20
	Пульсар (0,8 л/га)	24,6	56,2	7,39
	Бетулин (8 г/га) + Пульсар (0,8 л/га)	25,7	52,5	8,11
	ЭкстраКор (8г/га) + Пульсар (0,8 л/га)	25,7	48,4	7,32
Бетулин (20 г/т)	Вода	29,4	59,4	8,79
	Пульсар (0,8 л/га)	26,6	51,5	7,83
	Бетулин (8г/га) + Пульсар (0,8 л/га)	28,3	56,5	8,09
ЭкстраКор (20 г/т)	Вода	31,7	62,5	9,51
	Пульсар (0,8 л/га)	29,2	54,7	8,13
	ЭкстраКор (8 г/га) + Пульсар (0,8 л/га)	26,2	49,2	7,34
НСР ₀₅		2,84	6,71	1,19

ПРИЛОЖЕНИЕ 8

Сохранность растений сои сорта Китросса

Обработка		Сохранность растений, %			
перед посевом	по вегетирующим растениям	2017 г.	2018 г.	2019 г.	В среднем
Вода	Вода	92,3	92,9	85,0	90,1
	Пульсар (0,8 л/га)	91,1	89,9	72,0	84,3
	Бетулин (8 г/га) + Пульсар (0,8 л/га)	95,4	86,2	79,0	86,9
	ЭкстраКор (8 г/га) + Пульсар (0,8 л/га)	92,3	89,2	82,0	87,8
Бетулин (20 г/т)	Вода	96,8	89,0	78,0	87,9
	Пульсар (0,8 л/га)	98,7	87,4	79,0	88,4
	Бетулин (8 г/га) + Пульсар (0,8 л/га)	97,8	92,5	74,0	88,1
ЭкстраКор (20 г/т)	Вода	89,2	87,3	75,0	83,8
	Пульсар (0,8 л/га)	98,7	91,0	80,0	89,9
	ЭкстраКор (8 г/га) + Пульсар (0,8 л/га)	92,1	92,7	75,0	86,6
НСР ₀₅		5,1	3,6	3,8	

ПРИЛОЖЕНИЕ 9

Аминокислотный состав белка в семенах сои сорта Китросса, после обработки БАВ

Обработка		Общий белок, %							
перед посевом	по вегетирующим растениям	в т.ч. аминокислоты							
		всего	лизин	гистидин	валин	метил гистидин	тирозин	аргинин	глутаминовая кислота
		2018 г.							
Контроль (без обработки)		39,65	5,90	5,59	5,30	1,38	3,96	8,00	14,97
Вода	Пульсар (0,8 л/га)	38,41	5,94	5,57	5,51	1,37	3,97	8,10	14,95
	Бетулин + Пульсар (0,8 л/га)	39,63	5,95	5,63	5,54	1,36	4,11	8,16	14,82
	ЭкстраКор + Пульсар (0,8 л/га)	39,89	5,98	5,39	5,73	1,35	4,19	8,26	14,73
Бетулин (20 г/т)	Вода	39,52	5,98	5,75	6,08	1,39	4,18	8,14	14,78
	Пульсар (0,8 л/га)	39,18	5,94	5,44	5,41	1,33	4,08	8,13	14,88
	Бетулин + Пульсар(0,8 л/га)	39,79	5,96	5,81	5,40	1,34	4,17	8,21	14,78
ЭкстраКор (20 г/т)	Вода	39,25	5,99	5,66	5,59	1,38	4,19	8,12	14,78
	Пульсар (0,8 л/га)	39,95	5,90	6,23	5,24	1,36	4,11	8,07	14,85
	ЭкстраКор + Пульсар (0,8 л/га)	39,70	5,97	5,76	5,60	1,39	4,11	8,14	14,83
2019 г.									
Контроль (без обработки)		40,61	5,92	6,61	5,08	1,33	3,89	7,87	14,44
Вода	Пульсар (0,8 л/га)	40,65	5,86	6,89	5,06	1,32	3,57	7,73	14,73
	Бетулин + Пульсар (0,8 л/га)	41,20	5,86	6,31	5,24	1,44	3,52	7,58	14,75
	ЭкстраКор + Пульсар (0,8 л/га)	40,72	5,86	6,35	5,38	1,48	3,78	7,51	14,55
Бетулин (20 г/т)	Вода	40,28	5,98	7,08	5,58	1,44	3,91	7,78	14,40
	Пульсар (0,8 л/га)	41,48	5,87	7,09	5,08	1,30	3,47	7,84	14,79
	Бетулин + Пульсар (0,8 л/га)	41,05	5,91	7,18	5,23	1,32	3,80	7,92	14,50
ЭкстраКор (20 г/т)	Вода	41,27	5,86	7,40	5,30	1,44	3,77	7,57	14,57
	Пульсар (0,8л/га)	41,17	5,94	6,94	5,26	1,40	3,96	7,86	14,35
	ЭкстраКор + Пульсар (0,8 л/га)	42,12	5,78	6,12	4,10	1,27	3,27	7,73	14,95

ПРИЛОЖЕНИЕ 10

Влияние последствия БАВ на количественный и качественный состав жира
в семенах сои сорта Китросса, %

Обработка		Жир, %	Ненасыщенные жирные кислоты, %			
перед по- севом	по вегетирующим растениям		Линолено- вая	Линолевая	Олеиновая	Стеарино- вая
2018 г.						
Контроль (без обработки)		18,18	8,60	52,84	16,19	3,83
Вода	Пульсар	17,11	9,36	52,66	16,48	3,83
	Бетулин+Пульсар	17,62	8,96	52,62	17,09	3,86
	ЭкстраКор+Пульсар	17,77	9,13	52,47	16,96	3,88
Бетулин	Вода	17,65	8,60	52,70	17,74	3,87
	Пульсар	17,94	8,76	52,60	17,06	3,85
	Бетулин+Пульсар	17,60	9,00	52,54	17,45	3,87
ЭкстраКор	Вода	17,83	8,52	52,73	17,22	3,88
	Пульсар	18,26	8,31	52,78	17,87	3,86
	ЭкстраКор+Пульсар	17,50	8,98	52,68	17,28	3,86
2019 г.						
Контроль (без обработки)		16,88	7,83	51,33	16,84	3,78
Вода	Пульсар	17,16	8,24	51,40	18,16	3,71
	Бетулин+Пульсар	17,27	8,15	51,77	18,71	3,70
	ЭкстраКор+Пульсар	17,76	6,93	52,03	19,50	3,76
Бетулин	Вода	16,88	7,87	51,58	15,63	3,78
	Пульсар	16,42	9,32	51,15	18,11	3,69
	Бетулин+Пульсар	16,60	8,49	51,20	17,34	3,76
ЭкстраКор	Вода	17,96	6,93	51,89	17,45	3,75
	Пульсар	16,90	7,85	51,46	16,36	3,79
	ЭкстраКор+Пульсар	17,23	8,90	51,28	17,60	3,65

ПРИЛОЖЕНИЕ 11

Удельная активность пероксидазы в семенах сои при применении десикантов Реглон Супер и Ураган Форте

Место образования семян (ярус)	Вариант				
	Контроль	Реглон Супер, 1,5 л/га	Ураган Форте, 1,5 л/га	Реглон Супер, 3,0 л/га	Ураган Форте, 3,0 л/га
Ауд., ед/мг белка					
2015 г.					
Нижний	95,8±5,2	106,9±2,3	132,2±2,3	151,0±1,9	133,2±4,3
Средний	131,2±4,5	139,4±1,6	102,8±6,3	162,4±4,3	105,4±5,7
Верхний	142,7±7,6	147,1±3,9	100,3±7,0	175,3±2,6	102,8±4,6
2016 г.					
Нижний	99,4±6,6	108,5±2,9	131,6±4,2	149,0±3,1	131,6±6,3
Средний	130,4±6,9	140,6±3,4	103,6±3,6	162,0±4,5	104,2±8,2
Верхний	141,3±3,7	146,7±4,9	100,1±5,3	174,7±3,3	101,2±9,3

ПРИЛОЖЕНИЕ 12

Посевные качества семян сои сорта Нега 1

Место образования семян (ярус)	Вариант				
	Контроль	Реглон Супер, 1,5 л/га	Ураган Форте, 1,5 л/га	Реглон Супер, 3,0 л/га	Ураган Форте, 3,0 л/га
2015 г.					
Энергия прорастания, %					
Нижний	91	86	90	85	93
Средний	93	79	86	77	86
Верхний	88	67	80	77	88
Среднее значение	91	77	85	80	89
Лабораторная всхожесть, %					
Нижний	95	90	93	90	95
Средний	95	89	90	86	89
Верхний	92	76	85	84	92
Среднее значение	94	85	89	87	92
2016 г.					
Энергия прорастания, %					
Нижний	88	91	84	83	86
Средний	82	92	84	78	75
Верхний	79	87	72	82	82
Среднее значение	83	90	80	81	81
Лабораторная всхожесть, %					
Нижний	93	97	84	86	87
Средний	93	95	85	82	82
Верхний	84	90	74	82	86
Среднее значение	90	94	81	83	85

ПРИЛОЖЕНИЕ 13

Длина 10-ти дневных проростков сои сорта Нега 1

Варианты	Место образования семян (ярусы)	Ненормально развитые проростки, %	Длина проростка		
			Среднее значение, см	Размах вариации, %	Коэффициент вариации, %
2015 г.					
Контроль	Нижний	10	19,4	22,1	25,6
	Средний	4	21,1	25,5	26,7
	Верхний	5	22,3	32,1	27,5
	В среднем	6	20,9	26,6	26,6
Реглон Супер, 1,5 л/га	Нижний	11	17,0	15,4	23,0
	Средний	5	21,3	23,4	22,8
	Верхний	7	20,4	23,7	25,7
	В среднем	8	19,5	20,8	23,8
Реглон Супер, 3,0 л/га	Нижний	7	17,7	23,5	37,3
	Средний	8	18,8	24,6	33,8
	Верхний	7	17,5	24,0	35,5
	В среднем	7	18,0	25,0	35,5
Ураган Форте, 1,5 л/га 11	Нижний	6	17,7	23,9	30,9
	Средний	6	17,2	19,2	26,1
	Верхний	8	18,2	27,0	37,7
	В среднем	7	17,7	23,4	31,6
Ураган Форте, 3,0 л/га	Нижний	7	19,4	25,0	30,3
	Средний	6	21,7	23,0	21,6
	Верхний	5	20,9	31,1	26,5
	В среднем	6	20,7	26,4	26,1
2016 г.					
контроль	Нижний	10	29,2	20,1	11,5
	Средний	6	31,4	15,4	11,0
	Верхний	14	28,9	16,1	10,3
	В среднем	10	29,8	17,2	10,9
Реглон Супер 1,5 л/га.	Нижний	8	29,7	13,5	9,7
	Средний	10	31,1	17,0	10,7
	Верхний	8	31,4	16,6	8,5
	В среднем	9	30,7	15,7	9,6
Ураган Форте 1,5 л/га.	Нижний	14	9,9	8,9	21,1
	Средний	14	8,2	9,6	31,6
	Верхний	14	9,1	12,0	25,1
	В среднем	14	9,1	10,2	26,0
Реглон Супер 3,0 л/га.	Нижний	6	30,6	15,0	9,5
	Средний	4	29,7	18,9	9,4
	Верхний	6	27,8	17,4	11,9
	В среднем	5	29,4	17,1	10,3
Ураган Форте 1,5 л/га.	Нижний	4	30,0	21,5	11,8
	Средний	6	29,4	25,6	18,4
	Верхний	10	26,6	25,2	19,9
	В среднем	7	28,7	24,1	16,7

ПРИЛОЖЕНИЕ 14

Влияние десикантов на массу 1000 семян, г.

Место образования семян (ярус)	Вариант				
	Контроль	Реглон Супер (1,5 л/га)	Ураган Форте (1,5 л/га)	Реглон Супер (3,0 л/га)	Ураган Форте (3,0 л/га)
2015 г.					
Нижний	118,1	111,8	112,1	111,3	111,1
Средний	120,2	113,9	116,8	113,4	117,3
Верхний	111,2	102,1	105,6	106,4	107,4
Среднее значение	116,5	109,3	111,5	110,4	111,9
2016 г.					
Нижний	116,2	113,4	112,9	110,1	110,3
Средний	121,6	115,3	115,2	114,2	117,1
Верхний	113,0	102,9	104,6	105,2	108,4
Среднее значение	117,0	110,5	110,9	109,8	111,9