

На правах рукописи



Надежкина Екатерина Сергеевна

**ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ АНТИСТРЕССОВЫХ
ПРЕПАРАТОВ В АГРОЦЕНОЗАХ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР
В ЛЕСОСТЕПИ СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ**

Специальность 03.02.08 – экология (биология)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертация на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Владимир – 2016

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

Научный руководитель

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент ФГБОУ ВО «РГАЗУ»
Закабунина Елена Николаевна

Официальные оппоненты:

Воронина Людмила Петровна
доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник кафедры агрохимии и биохимии ФГБОУ ВО «МГУ имени М.В. Ломоносова»

Серегина Инга Ивановна
доктор биологических наук, профессор кафедры агрономической и биологической химии и радиологии ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева»

Ведущая организация:

ФГБОУ ВО «Ульяновская государственная сельскохозяйственная академия имени П.А. Столыпина»

Защита состоится « »..... 2016 года в 11 часов на заседании диссертационного совета Д 212.025.07 при ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых» по адресу: 600000, Владимир, ул. Горького, 87, ВлГУ.

Сайт:<http://www.vlsu.ru/>

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ВлГУ.

Отзывы на реферат в двух экземплярах, заверенные печатью, просим направлять по адресу: 600000, г. Владимир, ул. Горького, 87, ВлГУ.

Автореферат разослан « »-----2016г.

Ученый секретарь

диссертационного совета

кандидат биологических наук.  О.Н. Сахно

e-mail:sahno_vlgu@mail.ru

Актуальность темы. Получение высоких и стабильных урожаев зерновых культур с хорошим качеством зерна, нередко, ограничивается действием экологических факторов. Загрязнение агроценозов различными химическими веществами, в том числе пестицидами и тяжёлыми металлами, вызывает стресс у сельскохозяйственных культур, снижая их продуктивность [Захаренко, 2000; Зубкова, 2013; Костин, 2005; Минеев, 2000; Панин, 2010; Спиридонов, 2011; Черных, 2003].

Одной из важнейших задач является поиск путей повышения устойчивости, сохранение гомеостаза и продуктивности растений в неблагоприятных условиях окружающей среды [Серегина, 2008; Feng, 2015; Sieprawska, 2015].

В последнее время внимание исследователей обращено на использование антистрессантов (антидотов), которые способны не только снижать стресс у растений, но и уменьшать химическую нагрузку на окружающую среду [Баздырев, 2004; Злотников, 2008; Beckie, 2012; Mahmood, 2014].

Вопросы защиты растений от стрессов, вызванных действием гербицидов и тяжёлых металлов, влияние антистрессантов на формирование продукционного процесса и повышение адаптивности растений к стрессовым воздействиям требуют изучения в конкретных условиях регионов.

Цель исследования – изучить экологическую роль препаратов разного химического состава в формировании продукционного процесса зерновых культур при стрессе, вызванном обработкой посевов послеуборочными гербицидами и загрязнением чернозема выщелоченного и растений тяжёлыми металлами в условиях Среднего Поволжья.

В задачи исследования входило:

-дать экологическую оценку фотосинтетической деятельности растений зерновых культур при использовании препаратов-антистрессантов в условиях стресса, вызванного гербицидной обработкой посевов;

-определить экологическую роль антидотов при совместном внесении с послеуборочными гербицидами на формирование урожайности и качества продукции яровой пшеницы и ячменя;

-изучить влияние свинца, кадмия и селена на ростовые процессы зерновых культур на разных этапах онтогенеза;

- оценить действие селена как антистрессанта на содержание свободного пролина и активность ферментов антиоксидантной системы защиты растений в условиях окислительного стресса, вызванного загрязнением почвы свинцом.

Основные положения, выносимые на защиту:

- в современных технологиях возделывания зерновых культур требуется использование гербицидов, которые выполняя функцию защиты растений от сорняков, вызывают стресс у защищаемой культуры, проявляющийся в снижении фотосинтетической активности растений. Снижение стресса возможно при использовании антидотов, вносимых с послевсходовыми гербицидами;

- действие антистрессантов, в зависимости от биологических особенностей культур, агрометеорологических условий и химического состава послевсходовых гербицидов, на формирование урожайности и качества продукции зерновых культур;

-экологическая оценка влияния свинца, кадмия и селена на ростовые процессы озимой, яровой пшеницы и ячменя на разных этапах онтогенеза;

-реакция антиоксидантной системы яровой пшеницы – ферментов и свободного пролина на применение селена при химическом загрязнении чернозёма выщелоченного свинцом и растений свинцом и кадмием.

Научная новизна. Выявлены особенности антистрессового действия препаратов: мегафол, селената и селенита натрия, гуми-90, силипланта на физиологические процессы в зависимости от биологических особенностей яровой пшеницы и ячменя, химического состава гербицидов и погодных условий. Определены корреляционные связи урожайности зерновых культур с показателями фотосинтетической деятельности и погодными условиями.

Установлена протекторная роль селена в условиях стресса, вызванного загрязнением чернозема свинцом и растений свинцом и кадмием в зависимости от сортовых особенностей зерновых культур. Определено, что действие селената натрия на активность антиоксидантных ферментов и пролина определяется как дозами свинца, так и селена.

Научно-практическая значимость исследования. Полученные данные по снижению негативного действия гербицидов и тяжёлых металлов путем использования антистрессантов могут быть использованы при разработке практических рекомендаций по возделыванию пшеницы и ячменя на черноземах Пензенской области и в других областей Среднего Поволжья. В баковой смеси с послевсходовыми гербицидами возможно применение препарата мегафол или натриевых солей селена.

Использование селената натрия на черноземе, загрязненном свинцом выше ПДК, позволяет снизить стресс и увеличить продуктивность озимой пшеницы сорта Спектр. Результаты протекторного действия селената натрия на фермента-

тивную систему растений, а также данные о влиянии свинца и кадмия на семена яровой пшеницы и ячменя в зависимости от сортовых особенностей этих культур, могут быть учтены в селекционном процессе.

Достоверность результатов исследований. Результаты исследований не противоречат исходным теоретическим положениям, отвечают поставленной цели и задачам диссертационной работы. Достоверность полученных материалов подкреплена результатами математической обработки с применением методов статистического анализа.

Апробация результатов исследования. Основные положения и результаты диссертационной работы были представлены на Международных научно-практических конференциях: «Наука и образование для устойчивого развития экономики, природы и общества» (Тамбов, 2013); «Фундаментальные и прикладные науки: проблемы и перспективы» (Москва, 2014); 3rd Annual International Conference on Ecology, Ecosystems and Climate Change (Athens, Greece, 2015), «Сельскохозяйственные науки: агропромышленный комплекс на рубеже веков», (Новосибирск, 2015); на I Международном экологическом форуме «Экологическая стратегия устойчивого развития», (Калуга, 2015); на II Кавказском экологическом форуме (Грозный, 2015).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 10 работ, из них 6 статей в журналах, рекомендованных ВАК РФ.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, шести глав, выводов, приложений и списка литературы. Объем работы составляет 145 страниц компьютерного текста, включает 35 таблиц, 18 рисунков и 18 приложений. Список использованной литературы насчитывает 274 наименований, в том числе 132 на иностранном языке.

ГЛАВА 1. Действие гербицидов, тяжелых металлов и антистрессовых препаратов на зерновые культуры и окружающую среду

В данной главе обобщена литература о действии гербицидов и тяжёлых металлов на агроценозы и другие звенья трофических цепей. Представлены результаты исследований по применению препаратов, снижающих стрессовое воздействие ксенобиотиков, свинца и кадмия на сельскохозяйственные культуры. Показано влияние селена на рост и развитие растений при выращивании в стрессовых условиях. Приведен анализ литературы по антиоксидантной защите растений в условиях стресса.

ГЛАВА 2. Условия, объекты и методы исследований

Исследования проводились в условиях Пензенской области, территория которой расположена в правобережной лесостепи Среднего Поволжья.

Климат в районе исследований умеренно-континентальный. Среднее годовое количество осадков 410-550мм. Сумма эффективных температур выше 10°C в пределах 2200-2400°C, ГТК изменяется в среднем от 0,9 до 1,1. Агрометеорологические условия в годы проведения опытов существенно различались. 2013 год был благоприятным для роста и развития зерновых культур (ГТК 1,38), в 2014 и 2015 гг. ГТК составлял 0,79 и 0,58.

Полевые исследования проводились в 2013-2015гг. в ОАО «Петровский хлеб» на типичной почве региона – черноземе выщелоченном среднемощном тяжелосуглинистом. Почва в опытах характеризовалась следующими агрохимическими показателями: содержание гумуса 5,17-6,19% (ГОСТ 26213-91), подвижных форм: азота 106-111мг/кг (по Корнфилду), фосфора – 80-93, калия – 117-140 (по Чирикову), валовых форм свинца – 15,6-17,9 мг/кг, кадмия – 0,3-0,47 мг/кг (ГОСТ 30692-00), селена – 59-134 мкг/кг почвы (МУ 4.1.044-95); рНксл 5,0-5,39 (ГОСТ 26483-85), Нг 4,95-5,07мг-экв. (ГОСТ 26212-91), S– 27,6-30,7 мг-экв. /100г почвы (ГОСТ27821-88).

Объектами исследования в *полевом опыте №1* были яровая пшеница (*Triticum aestivum* L.) сорта Тризо и яровой ячмень (*Hordeum vulgare* L.) сорта Эксплоер. Посевы обрабатывались гербицидом Прима (0,5 л/га) и его смесью с препаратами по схеме: 1. контроль-1 – ручная прополка, 2. контроль-2 – без прополки, 3. гербицид, 4. гербицид + селенат натрия (200 мг/га), 5. гербицид + селенит натрия (200 мг/га), 6. гербицид + гуми-90 (0,175кг/га), 7. гербицид + мегафол (0,7л/га).

Общая площадь делянок – 20м², размещение вариантов рендомизированное, повторность трехкратная.

В *полевом двухфакторном опыте №2* изучался продукционный процесс озимой пшеницы сорта Скипетр при использовании селена на почве, загрязненной свинцом. Схема опыта (4x3) x 5, где фактор А – фоны: 1. контроль-естественный почвенный фон, 2. Pb1 – 50 мг/кг, 3. Pb2 – 150 мг/кг, 4. Pb3 – 350 мг/кг почвы; фактор В – варианты: 1 вода, 2. Se1 – 0,4 мг/кг, 3. Se2 – 0,8 мг/кг почвы. Использовали: свинец в форме Pb (NO₃)₂, селен – Na₂SeO₄. Площадь делянки 1м², повторность пятикратная.

В двухфакторном вегетационном опыте № 1 выяснялось действие разных по составу гербицидов и их сочетаний с антистрессантами в сосудах, вмещающих 5 кг воздушно-сухой черноземной почвы. Растения выращивали до полной спелости зерна. Схема опыта (3x7) x5, где фактор А – фоны: 1. вода; 2. – гербицид Диален Супер (в дозе 0,5 л/га); 3. гербицид Прима (0,5л/га); фактор В – препараты: 1. вода-контроль; 2. гербицид; 3. гербицид + Na₂SeO₄; 4. гербицид + Na₂SeO₃; 5. гербицид + гуми-90; 6. гербицид + мегафол, 7 гербицид + силиплант. Дозы препаратов те же, что и в полевом опыте 1.

В вегетационном опыте №2 изучалось действие селена на почве, загрязненной свинцом, на ростовые и биохимические показатели яровой пшеницы сорта Тризо. Свинец вносили в почву в виде Pb(NO₃)₂ в дозах 50 мг (Pb1), 100 мг (Pb2), селен (Na₂SeO₄) – Se1–0,4 и Se2–0,8 мг/кг почвы.

В лабораторном опыте определялась стресс-резистентность яровых зерновых культур – мягкой пшеницы и ячменя – к действию на семена свинца, кадмия и селена на начальных этапах онтогенеза. Стрессовая ситуация была смоделирована обработкой семян растворами: (CH₃COO)₂Pb в концентрации 50 мг/л, 3Cd(SO₄) 8H₂O – 3 мг/л и Na₂SeO₄ – 2 мг/л. Схема опыта: 1. вода – контроль; 2. селен; 3. свинец; 4. кадмий; 5 селен + свинец; 6. селен + кадмий.

При проведении анализов использовались общепринятые методики по определению: длины корней и проростков, их массы; сухой биомассы растений; всхожести семян, массы 1000 зёрен, клейковины, структуры урожая.

Определялись: общая и рабочая поверхность корневой системы – по Сабину-Колосову (Третьяков,1990), площадь листовой поверхности по Кумакову (1980), фотосинтетический потенциал, чистая продуктивность фотосинтеза по Ничипоровичу (1955); фотосинтетические пигменты (хлорофилл *a* и *b*) в листьях в вытяжке 80% ацетоном (Третьяков, 1990) и хлорофилл (*a*+*b*) по методу Lichtenthaler и Wellburn (1985); накопление свободного пролина оценивали по методу L.Batesи др.. (1973); оценку интенсивности перекисных процессов, тестируемых по ТБКРп, выполняли по методу Uchiyama и Mihara (1978), определение активности ферментов: аскорбатпероксидазы – по Nakano и Asada (1981), глутатионредуктазы – по Foyer и Halliwell (1976) и гваяколпероксидазы спектрофотометрически по окислению гваякола (Гавриленко, 1975), супероксиддисмутазы – по Giannopolitis и Ries (1977), каталазы, пероксидазы по Бояркину (Третьяков,1990); свинец и кадмий в почве и биомассе растений по ГОСТу 30692-00 на спектрофотометре Спектр-5-1(Россия); селен – флуорометрическим методом с 2,3 диаминафталином.

Результаты экспериментов обрабатывались статистическими методами математического анализа по общепринятым методикам [Доспехов, 1985, Шмидт, 1984] с использованием программ «Statistica» и «Statgrafica».

ГЛАВА 3. Экологическая оценка фотосинтетической деятельности растений при использовании антистрессовых препаратов

Данные полученные в полевом опыте №1 свидетельствуют о том, что сорняки угнетали развитие листовой поверхности растений, как пшеницы, так и ячменя. В среднем в фазу колошения она оказалась меньшей у пшеницы на 21,6%, у ячменя на 24,5% по сравнению с площадью листьев на контроле 1. Снижение листовой поверхности под действием гербицида в фазу колошения отмечалось у обеих культур: на 10,7% у пшеницы и на 9,3% у ячменя.

Все изучаемые препараты снижали негативное действие гербицида, но характер их действия различался. Влияние комбинации с мегафолом на рост площади листьев пшеницы во все годы исследования было существенным. Эффективность смеси гербицида с солями селена зависела от погодных условий. Большее их проявление отмечалось в засушливых условиях, при этом влияние селенита натрия было немного выше, чем селената, как на пшенице, так и на ячмене. Ход формирования листовой поверхности растений был во всех вариантах одинаковым, но различался в зависимости от биологических особенностей культур (рис.1).

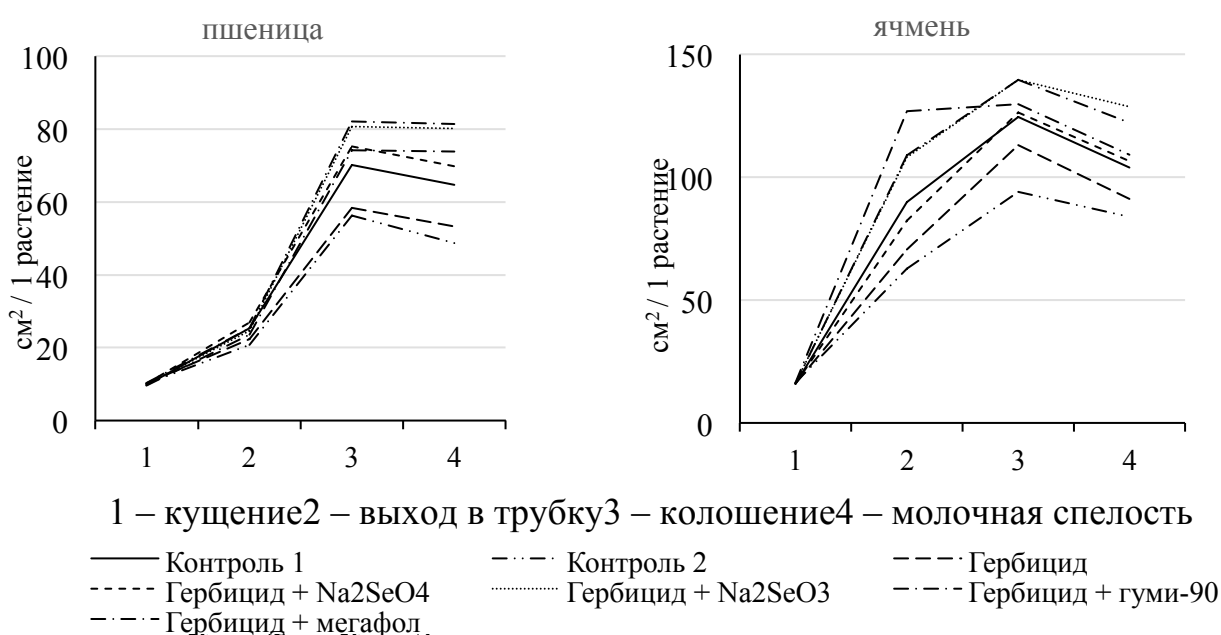


Рисунок 1 – Динамика формирования ассимиляционной поверхности листьев яровой пшеницы и ячменя в 2015 году

Рост площади листьев определялся погодными условиями, в первую очередь ГТК в период кущение-выход в трубку. Коэффициент корреляции ($r = 0,951$).

Результаты вегетационного опыта №1 показали, что размер ассимиляционной поверхности листьев и ход её формирования зависел от химического состава гербицида (табл.1). Больше токсичное действие на листовую поверхность яровой пшеницы оказывал гербицид Диален Супер. В фазу колошения она была на 29,9% меньше по сравнению с контрольными растениями и на 16,8%, чем в варианте с гербицидом Прима.

Таблица 1 – Динамика формирования листовой поверхности яровой пшеницы в зависимости от используемых гербицидов и антистрессантов

Вариант	Площадь листовой поверхности по фазам развития пшеницы, см ² /растение							
	кущение		выход в трубку		колошение		молочная спелость	
	гербициды							
	1	2	1	2	1	2	1	2
Контроль-вода	3,3	3,6	10,2	10,0	62,5	61,7	50,0	51,2
Гербицид	3,6	3,4	9,2	9,4	43,8	53,6	33,5	43,4
гербицид+ Na ₂ SeO ₄	3,4	3,7	11,6	16,7	56,1	63,2	46,0	54,4
гербицид+ Na ₂ SeO ₃	3,8	3,5	10,9	15,0	55,7	61,3	45,3	52,7
гербицид+гуми-90	3,1	3,2	14,0	18,0	52,7	56,3	42,7	46,1
гербицид+мегафол	3,3	3,4	13,9	17,0	59,0	64,2	47,9	56,4
гербицид+силиплант	3,6	3,1	11,7	14,6	53,9	60,3	45,9	52,5
НСР ₀₅	0,19	0,15	0,61	1,04	3,87	3,76	2,12	2,03

Примечание: Гербициды: 1 – Диален Супер, 2 – Прима;

Действие препаратов на фоне гербицидов проявлялось по-разному. Использование препаратов гуми и мегафол в смеси с обоими гербицидами было более эффективно в начальный период вегетации.

При применении солей селена и силипланта происходило равномерное наращивание площади листьев в течение всего периода наблюдений. К фазе молочной спелости листовая поверхность главного побега оставалась дольше в рабочем состоянии в вариантах с мегафолом и силиплантом.

На фоне гербицида Прима действие препаратов было выше, чем при их внесении с гербицидом Диален Супер.

В полевых условиях к фазе колошения при гербицидной обработке площадь листьев пшеницы уменьшалась на 11,1%, фотосинтетический потенциал –

на 10,0 и сухая масса на 14,8% по сравнению с ручной прополкой – контролем 1 (табл.2). Лучшие показатели получены в вариантах смеси с мегафол селенатом.

Таблица 2 – Фотосинтетические показатели посева яровой пшеницы в зависимости от применения препаратов при гербицидной обработке

Вариант	Показатели фотосинтетической деятельности в среднем за 2013-2015 гг., фаза колошения			
	ПЛ, тыс. м ² /га	ФП, тыс. м ² ×сут./га	Сухая масса, т/га	ЧПФ, г/м ² в сутки
Контроль 1	34,2	1119	6,15	5,50
Контроль 2	28,2	921	5,08	5,52
Гербицид	30,4	1007	5,24	5,20
Гербицид + Na ₂ SeO ₄	39,1	1272	6,77	5,32
Гербицид + Na ₂ SeO ₃	36,9	1180	6,77	5,64
Гербицид + гуми-90	34,9	1143	6,27	5,10
Гербицид + мегафол	40,8	1307	7,21	5,52
В среднем	34,9	1136	6,21	5,40
НСР ₀₅	3,20	24,8	0,24	0,17

Примечание: ПЛ–площадь листьев, ФП–фотосинтетический потенциал, ЧПФ– чистая продуктивность фотосинтеза

Действие препаратов на фотосинтетические показатели проявлялось в зависимости от гидротермических условий. Наибольшими они были в 2013году.

Наибольший эффект на посеве ячменя проявила комбинация гербицида с селенитом натрия и мегафолом. Фотосинтетический потенциал оказался выше, чем у контрольного посева (контроль 1) на 10,6-9,8% соответственно.

ГЛАВА 4. Экологическая роль антистрессантов в формировании урожайности и качества зерновых культур

Результаты исследования в полевом опыте № 1 свидетельствуют о том, что обработка посева пшеницы гербицидом Прима снижала количество сорняков с 96 до 14 шт. на 1 м². К уборке урожая агроценоз был представлен на 96,2% пшеницей и на 3,8% сорной растительностью. Сорняки снижали урожайность зерна яровой пшеницы. Потери от засоренности посева составили в среднем за 3 года 4,0 ц с 1га (табл.3).

Гербицид Прима уменьшал засоренность посева и повышал урожайность в среднем на 1,9 ц по сравнению с контролем 2, но урожайность на гербицидном фоне оказалась на 2,1 ц с1га меньшей по сравнению с ручной прополкой.

Препараты снижали токсичное действие гербицида. Наиболее эффективным был препарат мегафол в сочетании с гербицидом. Увеличение урожайности зерна при сочетании его с гербицидом было к контролю 1 1,5-2,6 ц с 1га. Урожай от смеси гербицида с селеновыми солями возрастал на 0,6-1,8 ц с 1га. Действие солей зависело от погодных условий. При благоприятных условиях урожайность зерна была на уровне контроля 1. При высоких температурах и недостатке влаги, полученные прибавки урожая зерна составляли 1,8-1,6 ц/га.

Таблица 3 – Влияние изучаемых приемов на урожайность пшеницы

Варианты	Урожайность в годы исследований, ц/га			В среднем за три года		
	2013	2014	2015	Урожайность зерна, ц/га	Содержание, %	
					белка	клейковины
Контроль 1	43,0	32,3	29,0	34,8	12,8	24,1
Контроль 2	37,9	28,4	26,0	30,8	11,7	23,1
Гербицид	41,0	29,5	27,5	32,7	12,1	23,0
Гербицид + Na ₂ SeO ₄	43,9	33,4	30,8	36,0	12,9	24,4
Гербицид + Na ₂ SeO ₃	43,6	33,3	30,6	35,8	12,9	24,3
Гербицид + гуми-90	43,4	32,6	30,1	35,4	13,6	24,6
Гербицид + мегафол	45,6	34,2	30,5	36,8	14,3	25,1
В среднем	42,6	32,0	29,2	34,6	12,9	24,1
НСР ₀₅ , ц с 1га	1,63	0,862	0,980		0,52	0,61

Урожайность пшеницы определялась фотосинтетической деятельностью посева и погодными условиями. Коэффициент корреляции урожайности с площадью листовой поверхности составлял 0,961, чистой продуктивности фотосинтеза – 0,914, сухой массой растений – 0,851, ГТК – 0,833.

Урожай ячменя снижался от засоренности посева на 5,7 ц, от применения гербицида – на 3,6 ц с 1га. Наибольший эффект был получен при использовании селенита натрия в комбинации с гербицидом. Урожайность зерна превысила контроль 1 на 2,6 ц с 1 га. Далее в убывающем порядке шли препараты гуми-90, селенат натрия и мегафол.

Данные вегетационного опыта 1 показали, что продуктивность яровой пшеницы зависела, как от химического состава гербицидов, так и антистрессанта. На фоне гербицида Прима общая продуктивность была выше (в среднем) на 9,8%, зерна – на 18,2%, чем в вариантах с гербицидом Диален Супер. Наибольший прирост зерна отмечен при использовании гербицидов с мегафол.

Гербициды снижали содержание белка и клейковины в зерне пшеницы. Действие препаратов совместно с гербицидами было на уровне контроля, исключение составляли смеси с препаратами мегафол и гуми.

Применение солей селена увеличивало на 38,7%-60,9% количество селена в зерне пшеницы по сравнению с контролем 1. Больше его количество отмечалось в урожае зерна в варианте с селенитом натрия. В соломе увеличение составило 23,6 от селената и 32,3% от селенита натрия к контролю 1.

ГЛАВА 5. Экологические аспекты влияния тяжелых металлов и селена на ростовые процессы зерновых культур

Результаты полевого опыта № 2 свидетельствовали о том, что свинец проявлял токсичное действие на ростовые процессы и урожайность озимой пшеницы сорта Скипетр в зависимости от уровня загрязнения почвы. При внесении его в дозе 350 мг/кг почвы происходило снижение: всхожести семян, фотосинтетических показателей, высоты растений и урожайности зерна. Дозы Pb1 и Pb2 улучшали ростовые показатели, за исключением площади листовой поверхности, но на урожай действие их различалось (табл.4). При в дозе свинца 50 мг/кг почвы проявилась тенденция к повышению урожайности зерна, а в дозах 150 и 350 мг/кг свинец снижал её на 1,6 и 5,9 ц соответственно по сравнению с контролем.

Таблица 4 – Влияние селена на показатели роста, урожайность и качество зерна озимой пшеницы на почве, загрязненной свинцом

Фон, мг/кг	Вариант, доза мг/кг почвы	Всхо- жесть семян,%	Высота расте- ния,см	ПЛП, см /рас- тение	Урожай- ность, ц/га	Содержание, %	
						белка	клейко- вины
0- конт- роль	0	90,4	83,8	142	46,8	12,2	23,8
	Se1(0,4)	91,8	86,2	156	48,3	12,4	24,0
	Se2(0,8)	88,7	82,1	135	44,2	11,5	22,2
Pb1 50	0	92,6	85,5	146	47,4	12,2	26,0
	Se1	93,9	86,8	152	48,7	12,4	26,6
	Se2	92,0	83,2	138	46,3	12,0	23,2
Pb2 150	0	90,8	82,2	142	45,2	12,3	23,7
	Se1	92,2	83,9	155	46,5	12,8	22,9
	Se2	86,2	80,1	109	43,5	10,9	21,4
Pb3 350	0	78,8	76,4	106	40,9	10,5	20,2
	Se1	79,3	77,0	118	41,2	11,3	21,7
	Se2	70,2	70,1	78	35,9	10,2	20,0
НСР ₀ 5	фактор А	3,20	4,01	10,3	1,24	0,14	1,73
	фактор Б	0,98	0,48	3,28	1,06	0,21	0,22
	АВ	3,24	4,09	10,11	1,61	0,32	1,95

Примечание: 1. ПЛП – площадь листовой поверхности; 2. Средние данные за 2 года

Селен в дозе 0,4 мг/кг почвы, внесенный, как в одностороннем порядке, так и на всех фонах свинца, улучшал показатели роста растений и урожайности зерна, а дозе 0,8 мг/кг почвы – снижал их. При этом прибавки зерна от селена уменьшались при повышении дозы металла. Наиболее токсичным было сочетание Pb3 + Se2.

В вегетационном опыте № 2 на начальных этапах органогенеза яровой пшеницы сорта Тризо отмечалось снижение ростовых процессов в ростках и корнях растений в зависимости от дозы стрессора (Pb). Происходило снижение содержания хлорофилла (a+b) в листьях как при внесении свинца 50 мг/кг, так и 100 мг/кг по сравнению с растениями на контроле (табл.5).

Таблица 5 – Влияние селена на рост растений яровой пшеницы на начальном этапе онтогенеза при загрязнении почвы свинцом

Вариант	Надземные органы			Корни	
	высота растения, см	биомасса одного растения,г	содержание хлорофилла (a+b), мг/г с.м.	длина, см	масса одного корня,мг
Контроль	25±1,3	0,24±0,012	2,33±0,13	16±0,96	0,44±0,026
Se1	28±1,4	0,30±0,018	2,35±0,14	13±0,85	0,51±0,031
Se2	17±1,0	0,09±0,005	1,86±0,09	11±0,67	0,31±0,020
Pb1	20±1,2	0,19±0,009	1,68±0,10	10±0,53	0,28±0,020
Pb1+ Se1	26±1,6	0,28±0,019	1,88±0,12	12±0,64	0,36±0,020
Pb1+ Se2	19±1,2	0,16±0,008	1,03±0,07	9±0,55	0,30±0,015
Pb2	16±1,1	0,17±0,011	1,06±0,11	9±0,47	0,21±0,013
Pb2+ Se1	15±0,8	0,16±0,009	1,09±0,08	8±0,51	0,18±0,013
Pb2+ Se2	11±0,6	0,09±0,006	0,89±0,06	5±0,28	0,11±0,067

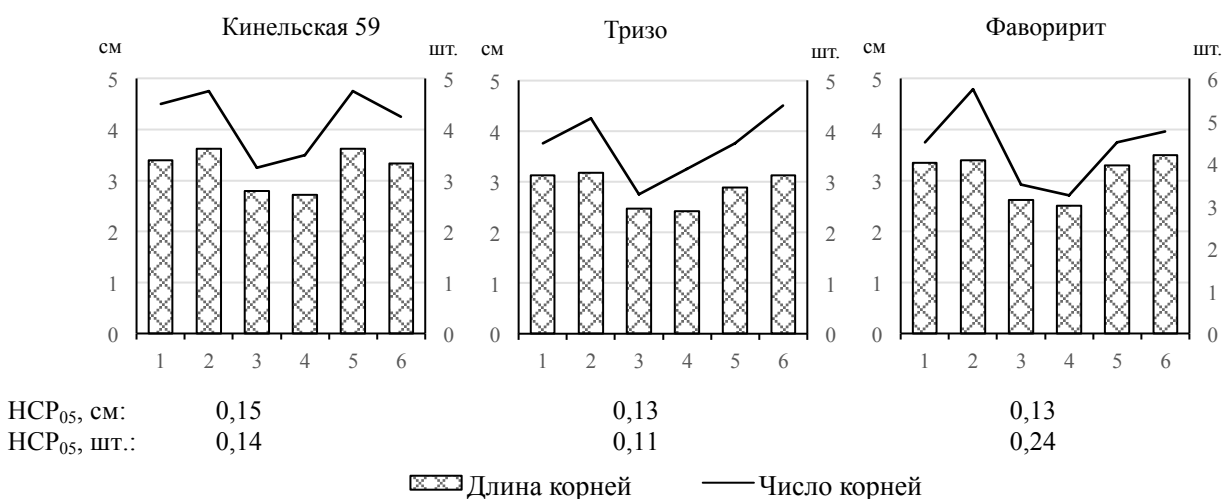
Примечание: с.м.– сырая масса

Селен в дозе 0,4мг/кг повышал ростовые показатели надземной части растений пшеницы и массу корней, но несколько уменьшал длину последних. Внесение Se1 увеличивало содержание хлорофилла в листьях в вариантах Pb1 + Se1 и Pb2 + Se1 на 12% и 5,8% относительно вариантов Pb1 и Pb2. Количество пигментов в листьях пшеницы от действия смеси Pb2+Se2 снижалось на 62%.

Результаты изучения действия свинца, кадмия и селена в лабораторном опыте показали, что на начальном этапе онтогенеза металлы, особенно кадмий, негативно влияли на всхожесть семян, количество корней, их массу. Количество зачаточных корней уменьшалось в среднем от кадмия у пшеницы на 25,6%, у ячменя – на 9,2%, от свинца на 20,0% и 8,2 % соответственно (рис.2). Под действием тяжелых металлов длина корней пшеницы по сравнению с контролем

уменьшалась по сортам в следующей последовательности: Кинельская 59, Тризо 59, Фаворит; по сортам ячменя: Одесский 100, Аннабель, Сурский фаворит.

Селен увеличивал число корней пшеницы в среднем на 15,7%, но незначительно снижал этот показатель у ячменя. В комбинации селена с кадмием и свинцом увеличивались длина, число и масса корней пшеницы в среднем по сортам в 1,32 и 1,25 раза соответственно по сравнению с внесением только кадмия и свинца.



1 – Контроль; 2 – Se; 3 – Pb; 4 – Cd; 5 – Se+Pb; 6 – Se+Cd

Рисунок 2 – Влияние кадмия, свинца и селена на длину и число корней 14-ти дневных растений яровой пшеницы

Селен увеличивал рабочую поверхность корневой системы 14-ти дневных проростков у пшеницы в среднем на 14,2%, ячменя –6,8%.

В зависимости от сорта пшеницы происходило её увеличение от 5,7 % у сорта Тризо до 20,5% у сорта Фаворит. У сортов ячменя: от 8,8% у сорта Сурский фаворит до 10% у сорта Одесский 100.

ГЛАВА 6. Экологические аспекты влияния тяжелых металлов и селена на биохимический статус яровой пшеницы

Исследования, проведенные в вегетационном опыте №2, показали, что свинец, внесенный в почву, интенсифицировал окислительный стресс, что приводило к увеличению содержания продуктов, тестируемых по ТБКРп. Количество их зависело от дозы внесенного свинца (табл. 6).

Селен в дозе 0,4 мг/кг снижал уровень перекисного окисления липидов, как при одностороннем внесении, так и со свинцом на 11% и 17 %, а в дозе 0,8 мг/кг почвы – повышал на 56% и 74% по сравнению с контролем.

Реакция АсП на действие селена зависела от концентрации вносимого в почву элемента. При использовании Se1 и Se2 активность АсП увеличивалась на 38% и на 24% соответственно по сравнению с контрольными растениями. В растениях варианта Pb 2 + Se2 наблюдалось снижение активности почти на 30%. Активность АсП в корнях под влиянием дозы Pb 50 мг/кг увеличивалась на 62%. Удвоение дозы свинца не изменяло активности фермента.

В листьях и корнях растений в вариантах Pb1 и Pb2 наблюдалось увеличение активности фермента ГР.

Таблица 6 – Влияние селена на интенсивность деструктивных процессов (ТБКРп), активность ферментов аскорбатпероксидазы (АсП), глутатион-редуктазы (ГР) и гваяклпероксидазы (ГПХ) в листьях проростков пшеницы

Вариант	ТБКРп* (нм/г с.м.)	АсП, μмол /г с.м./мин	ГР, μмолгс.м/мин	ГПХ, μмол / г с.м. /мин
Контроль	219±13,1	35±2,1	0,49±0,03	14,1±0,9
Se1	196±12,7	49±3,2	0,51±0,03	10,4±0,6
Se2	342±23,9	43±2,7	0,91±0,05	30,8±1,6
P1	335±21,7	38±1,9	0,61±0,01	19,9±1,3
Pb1+ Se1	296±19,7	41±2,6	0,59±0,03	17,3±1,1
Pb1+ Se2	381±23,4	47±2,9	0,58±0,03	27,4±1,4
Pb2	377±24,5	34±1,7	0,67±0,04	25,3±1,5
Pb2+ Se1	325±21,1	58±3,7	0,73±0,05	24,7±1,6
Pb2+ Se2	292±18,9	51±3,3	1,00±0,07	22,1±1,4

Примечание: Приведены средние абсолютные значения из 3-4 повторений

От селена она изменялась только при дозе 0,8 мг/кг почвы. Взаимодействие свинца и селена сопровождалось активацией ГР на 49% у растений в варианте Pb2 + Se1 и снижением на 33% в варианте Pb2 + Se2. Аналогичные изменения отмечались и в корнях растений.

Под действием свинца наблюдалось повышение активности фермента ГПХ в листьях, зависимое от концентрации стрессора. В листьях растений в варианте Se1 активность фермента снижалась на 26%, а в варианте Se2 была, более чем в 2 раза выше контрольного уровня. В корнях в отличие от листьев активация ГПХ наблюдалась как при внесении Se1, так и Se2. Совместное действие свинца и селена сопровождалось возрастанием активности фермента у растений в вариантах Pb1 + Se1 и Pb1 + Se2 относительно Pb1.

Проведенный анализ растений пшеницы в фазу молочной спелости показал, что дозы свинца 50 и 100 мг на 1кг почвы, внесенные до посева, мало влияли на окисление липидов. Селен в дозах 0,4 и 0,8мг/кг почвы ингибировал процессы ПОЛ (табл. 7).

Активность СОД при Pb1 была на уровне контроля, а при Pb2 увеличилась на 7,2%. Активность СОД возрастала под действием селена на фоне Pb1 незначительно, на фоне Pb2 в 1,17-1,12 раза.

Среди всех ферментов наибольшая активность при внесении селена наблюдалась у ГПХ. Она была выше на 41,8-38,8% в вариантах Pb2 + Se1 и Pb2 + Se2 относительно свинцовых фонов.

Таблица 7 – Влияние свинца и селена на интенсивность перекисных процессов, активность антиоксидантных ферментов и накопление свободного пролина в листьях яровой пшеницы в фазу молочной спелости

Вариант	ТБКРП (нм/г с.м.)	ТБКРП нм/мг хл	СОД, ед/г см	АсП, μмол / гс.м./мин	ГР, μмол гс.м. /мин	ГПХ, μмол / гс.м./мин	Пролин, мг/%
Контроль	67,7	31,8	375	10,50	1,78	0,308	18
Se1	75,7	36,04	390	11,15	1,57	0,462	34
Se2	69,6	34,9	389	11,62	1,98	0,404	21
Pb1	62,2	29,9	377	10,34	1,61	0,420	49
Pb2	66,4	33,9	402	11,99	1,60	0,424	57
Pb1+Se1	44,6	16,8	397	9,79	1,67	0,572	41
Pb1+Se2	44,6	16,8	397	9,79	1,67	0,572	34
Pb2+Se1	72,0	26,9	441	12,12	1,42	0,573	50
Pb2+Se2	60,0	24,2	450	12,84	1,54	0,585	44

Примечание: 1 с.м. – сырая масса листьев. Данные таблицы представляют средние значения; ошибка средней величины не превышает 5-7%.

Стрессовое воздействие Pb проявилось в увеличении содержания свободного пролина в листьях в 2,7-3,2 раза по сравнению с контролем. Селен, внесенный совместно со свинцом в почву, уменьшал количество пролина в листьях в вариантах Pb1 + Se1 и Pb2 + Se2 на 16,4 и 30,6% соответственно по сравнению с содержанием его в листьях на вариантах Pb1 и Pb2. По мере увеличения дозы свинца эффективность селена уменьшалась.

Заключение

Изучение действия антистрессовых препаратов на рост и развитие, продуктивность и качество зерновых культур при использовании гербицидов и загрязнении почвы и растений тяжелыми металлами, проведенное в полевых, вегетационных и лабораторных опытах, позволяет заключить.

1.Послевсходовые гербициды на основе 2,4-Д + дикамба (Диален Супер) и 2,4-Д + флорасулам (Прима), существенно снижая засоренность посевов яровой

пшеницы и ячменя, вызывали стресс у зерновых культур, который проявлялся в уменьшении фотосинтетической активности, урожайности и ухудшении качества зерна. Более токсичным был гербицид Диален Супер.

2. Антистрессовые препараты, применённые совместно с гербицидами, ослабляли химический стресс, повышая фотосинтетическую деятельность растений зерновых культур. Эффективность их действия зависела от видовых особенностей растений и химического состава препарата. Наиболее сильно снижали токсичное влияние гербицидов на фотосинтетическую деятельность посева ячменя селинит натрия и гуми-90, яровой пшеницы – мегафол и селенат натрия. Эти препараты и силиплант дольше сохраняли активной площадь ассимиляционной поверхности.

3. Рост урожайности зерна пшеницы и ячменя связан с усилением фотосинтетической деятельности растений. Установлена прямая корреляционная зависимость урожайности яровой пшеницы от площади листовой поверхности в период её максимума (фаза колошения), фотосинтетического потенциала, чистой продуктивности фотосинтеза и ГТК за вегетацию;

4. Препарат мегафол, внесенный совместно с гербицидом Прима, был эффективен во все годы исследований, прибавка урожайности зерна пшеницы составляла 1,5-2,6 ц с 1га. Соли селена повышали урожайность на 0,6-1,8 ц с 1га. Влияние селената и селенита натрия зависело от погодных условий в период вегетации пшеницы. При высоких температурах и недостатке влаги они обеспечивали прибавки урожайности на уровне 1,6-1,8 ц с 1 га. Действие селената и селенита натрия было практически одинаковым. Силиплант и гуми-90 также снижали токсическое действие гербицида, урожайность в этих вариантах была близка к контролю.

5 Установлено действие свинца как стрессора, подавляющего ростовые процессы и образование хлорофилла у растений яровой пшеницы на начальных этапах онтогенеза и ослабляющего формирование продукционного процесса озимой пшеницы сорта Скипетр. Селен в дозе 0,4 мг/кг почвы положительно влиял на рост и развитие озимой пшеницы, как при одностороннем применении, так и в сочетании с дозами свинца 50, 150 и 350 мг/кг. Селен в дозе 0,8 мг/кг почвы усиливал негативное действие металла.

6. Установлены сортовые различия отзывчивости яровой пшеницы и ячменя на загрязнение растений свинцом и кадмием. Устойчивыми к действию тяжелых металлов являлись: сорт яровой пшеницы Кинельская 59 и ячменя – Одесский 100, неустойчивыми – сорт Фаворит и Сурский фаворит.

7. Влияние селена на активность ферментов-детоксикаторов реакционных форм кислорода и пролина свидетельствует о способности этого элемента корректировать окислительно-восстановительный статус клетки в сторону увеличения её стресс-толерантности. При совместном использовании селена со свинцом содержание в листьях пшеницы продуктов перекисного окисления липидов уменьшалось, активность ферментов увеличивалась. Уровень снижения ТБКРп и повышение активности антиоксидантных ферментов и пролина определялся, как дозой свинца, так и селена. Использование высокой дозы селена на почве с высоким уровнем загрязнения свинцом приводило к ослаблению адаптационного потенциала пшеницы.

Список научных трудов

1. Надежкина Е.С. Некоторые аспекты решения экологических проблем, связанных с загрязнением почв тяжелыми металлами / **Е.С. Надежкина**, Е.Н. Закабунина // Проблемы Региональной экологии. – 2015. – №1. – С. 12-15.
2. Надежкина Е.С. Экологическая роль антистрессовых препаратов в повышении устойчивости яровой мягкой пшеницы к гербицидной обработке посева/ **Е.С. Надежкина**, В.А.Вихрева, Е.Н. Закабунина //Проблемы Региональной экологии. – 2015. – № 3. – С. 45-49.
3. Надежкина Е.С. Использование селена для снижения стресса, вызванного тяжелыми металлами, у зерновых культур на ранних этапах онтогенеза/ В.А. Вихрева, **Е.С. Надежкина**, А.А. Блинохватов //Нива Поволжья.– №3. –С. 34-39.
4. Надежкина Е.С. Экологические особенности применения микроудобрения как основа производства зерна озимой пшеницы / В.М.Зубкова, **Е.С. Надежкина**, Е.Н.Закабунина, В.Н. Эркаев, Р.Р. Мухтаров // Социальная политика и социология. –2013. – №6. – С.20-26.
5. Надежкина Е.С. Оценка содержания тяжелых металлов в почвах Пензенской области /**Е.С. Надежкина** // Агрехимический вестник. – 2015.– №3. – С.42-43.
6. Надежкина Е.С. Биохимический статус яровой пшеницы при загрязнении черноземной почвы свинцом/ В.А. Вихрева, **Е.С.Надежкина**, А.П.Стаценко //Нива Поволжья. – 2015. – № 4 (37). – С.15-17.
7. Надежкина Е.С. Химические элементы в почвах южной лесостепи Среднего Поволжья (на примере Пензенской области): монография / В.А. Вихрева, Г.Е. Гришин, **Е.С. Надежкина**, А.Н. Арефьев, В.Н. Эркаев, С.С. Бочаров. – Пенза: РИО ПГСХА, 2015. – 178 с.
8. Надежкина Е.С. Эколого-агрехимические изменения свойств черноземных почв Пензенской области/В.Н. Эркаев, **Е.С. Надежкина**//Современные проблемы

- окружающей среды и пути их решения: монография/под ред. А.В. Соловьева, Т.И. Хуснетдиновой. – М.: ФГБОУ ВПО РГАЗУ. – 2012.–С.158-151.
9. Надежкина Е.С. Экологический эффект селена при загрязнении почвы тяжелыми металлами/**Е.С. Надежкина**//Сельскохозяйственные науки и агропромышленный комплекс на рубеже веков: сборник материалов IX Международной науч.-пракконф./ Под общ.ред. С. С. Чернова.– Новосибирск: Изд-во ЦРНС, 2015.–С.57-60.
10. Nadezhkina Ekaterina The Influence of Selenium on Winter Wheat Resistance to Herbicide Activity / **Ekaterina Nadezhkina**, Elena Nadezhkina & Valeria Vikhreva //Ecosystems and Climate Change & 3rd Annual International Forum on Water 13-16 July 2015, Athens, Greece Edited.–P.93-95.

Подписано в печать

Уч.-изд. л. 0,89. Формат 60x84/16.
Бумага писчая № 1. Заказ № 982
Тираж 120 экз.

Отпечатано с готового оригинал-макета
в типографии «КОПИ – РИЗО»
г. Пенза, ул. Московская, д. 74, оф. 211
(8412) 56-26-09.
tipograf_popovamg@inbox.ru