

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ»

На правах рукописи

Большов Александр Вячеславович

**НОВЫЙ ОТЕЧЕСТВЕННЫЙ ГЕРБИЦИД
ИМИДАЗОЛИНОНОВОГО РЯДА ДЛЯ ЗАЩИТЫ ЗЕРНОБОБОВЫХ
И МАСЛИЧНЫХ КУЛЬТУР**

Диссертация на соискание ученой степени

кандидата биологических наук

Шифр и наименование специальности: 06.01.07 «Защита растений»

Научные руководители: академик РАН,

доктор сельскохозяйственных наук, профессор Долженко В.И.,

кандидат химических наук Нестерова Л.М.

Санкт-Петербург 2017

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	5
1 Обзор литературы.....	11
1.1 Народнохозяйственное значение зернобобовых (горох, соя) и масличных (подсолнечник, рапс) культур.....	11
1.2 Особенности технологии возделывания зернобобовых и масличных культур.....	18
1.3 Вредоносность сорной растительности в посевах зернобобовых и масличных культур.....	25
1.4 Методы защиты зернобобовых и масличных культур от сорной растительности.....	29
1.5 Ассортимент гербицидов для защиты зернобобовых и масличных культур.....	33
1.6 Механизмы проникновения гербицидов в растения	34
1.7 Способы повышения эффективности гербицидных препаратов имидазолинонового ряда.....	40
1.8 Имидазолиноны	48
1.9 Имазамокс.....	63
2 Материалы, методы и условия проведения исследований.....	67
2.1 Материалы, используемые при проведении исследований.....	67
2.2 Методы исследования физико-химических характеристик.....	69
2.3 Методы статистической обработки.....	70
2.4 Условия проведения исследований.....	71
Результаты исследований	
3 Разработка препаратов имидазолинонового ряда.....	72
3.1 Физико-химические свойства действующего вещества как определяющие выбор препаративной формы.....	72
3.2 Разработка препаративной формы для имазамокса.....	73
3.3 Оценка стабильности и поверхностно-активных характеристик модельных образцов препаратов на основе имазамокса.....	75

3.4	Взаимодействие рабочих растворов модельных образцов препарата на основе имазамокса с гидрофобной поверхностью, краевой угол смачивания.....	79
4	Биологическая эффективность модельных образцов препарата на основе имазамокса.....	83
4.1	Биологическая эффективность препаративной формы, первичный биологический скрининг.....	84
4.2	Примеси имазамокса как фактор влияющий на его биологическую эффективность.....	86
5	Оценка биологической эффективности препарата Парадокс, ВРК (120 г/л имазамокса) в разных почвенно-климатических зонах страны.....	91
5.1	Оценка биологической эффективности препарата Парадокс, ВРК в посевах гороха.....	93
5.2	Оценка биологической эффективности препарата Парадокс, ВРК в посевах сои.....	101
5.3	Оценка биологической эффективности препарата Парадокс, ВРК в посевах подсолнечника.....	108
5.4	Оценка биологической эффективности препарата Парадокс, ВРК в посевах рапса.....	114
5.5	Возможность комбинации препарата Парадокс, ВРК с препаратом Грейдер, ВГР (250 г/л имазапира).....	121
6	Оценка эколого-токсикологической безопасности препарата.....	125
6.1	Действие имазамокса и препарата на окружающую среду и класс опасности	125
6.2	Токсикологические характеристики действующего вещества и препарата.....	128
	Заключение.....	131
	Практические рекомендации.....	132

Приложение 1.....	133
Приложение 2.....	134
Приложение 3.....	135
Список используемой литературы.....	136

ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день производство продуктов питания является одной из основных проблем человечества [Руцкой, Радугин, 1997; Савицкая, 2010]. С каждым днем численность населения земли увеличивается более чем на 200 тыс. человек, и по прогнозам ООН к 2025 году достигнет количества более чем 8 миллиардов [Гегамян, Горбунова, 2011]. К тому времени потребность в производстве продуктов питания возрастет в несколько раз, особенно масличных, злаковых и бобовых культур [Алиева, 2006]. Переход к интенсивному земледелию с использованием системного подхода в защите растений позволяет уже сейчас решать стратегически важные задачи производства сельскохозяйственной продукции [Рукавицын, 2009; Лобков, 2012].

Неотъемлемой частью интенсивного ведения сельского хозяйства является использование системного подхода в защите растений или интегрированная защита растений, которая представляет собой систему многообразных экономически, экологически и токсикологически допустимых методов, поддерживающих численность вредных организмов ниже экономического порога вредоносности [Чулкина, 2008; Зазимко, 2011]. Обращая внимание на достоинства и недостатки основных методов интегрированной защиты растений (устойчивые сорта, агротехнический метод, биологический метод и химический метод) наиболее стабильным, универсальным и высокоэффективным методом является химическая защита растений [Долженко, 2011; Иванченко, 2015]. Без применения химических средств защиты растений практически невозможно достичь хорошей урожайности, а своевременное и регламентированное применение позволяет проводить защитные мероприятия с минимальным риском для окружающей среды [Гончаров, 2010; Трифонова 2014].

Применение гербицидов на возделываемых площадях позволяют сократить количество агротехнических мероприятий и затратить меньше

энергоресурсов. С другой стороны, снижение урожайности на незащищенных площадях может достигать 40%. Поэтому современная стратегия ведения интенсивного сельского хозяйства неосуществима без применения гербицидов и химических средств защиты растений в целом [Баздырев, 1999; Шпаар, 2005; Власенко, 2012; Комардина, 2015]. При этом применение пестицидов в современных, качественных и относительно безопасных формах обеспечивает снижение экологической опасности и способствует улучшению санитарно-гигиенических показателей [Захаренко, 2011].

Современное оборудование и методы исследования физико-химических характеристик позволяют улучшить качество, как самого препарата, так и его рабочего раствора [Спиридонов, 2009; Кузнецов, 2013; Швецов, 2013]. Задачи препаративной формы не только обеспечить стабильность действующего вещества и препарата в различных климатических условиях, но и повысить эффективность рабочего раствора препарата [Кузнецов, 2006]. Дождестойкость, низкая летучесть и устойчивость к сносу, удерживание капель рабочего раствора на обработанной поверхности, интенсивное проникновение в лист, характеристики, обеспеченные включением в состав препарата поверхностно-активных компонентов [Захаренко, 2007; Кузнецов, 2012].

Правильно подобранная препаративная форма пестицида позволяет создать оптимальные условия для доставки действующего вещества к целевому объекту, снизить норму применения препарата на единицу площади и обеспечить его равномерное распределение по обрабатываемой поверхности, а также продлить сроки его действия, повысить физическую и химическую стабильность рецептуры [Мельников, 1976; Халиков, 2013]. Современные препаративные формы пестицидов позволяют наилучшим образом реализовать биологический потенциал действующего вещества. Необходимость создания различных препаративных форм объясняется разнообразием по своим физическим, химическим и биологическим свойствам

активных соединений, а также большим количеством вредных организмов, для каждого из которых необходим индивидуальный подход. [Тропин, 2007; Нестерова, 2009].

Процессы, связанные с поглощением и распределением имидазолинонов в растении, показывают насколько важно для биологической эффективности правильно подобрать препаративную форму, обеспечив тем самым наилучшие условия для воздействия гербицида [Muhitch, 1987; Shaw, 1991]. Место действия имидазолинонов – точки роста, меристематические ткани. Накапливаясь в них имидазолиноны, воздействуя на фермент ацетолактат-синтазу, препятствуют синтезу жизненно важных аминокислот – валина, лейцина и изолейцина [Филипчук, 2010; Маханькова, 2013; Stidham and Shaner, 1984]. Основные исследования воздействия имидазолинонов на растения проводились American Cyanamid Company [Los, 1981; Shaner, Anderson, 1985; Shaner, Reider, 1986; Steller, 1988; Shaner, Singh, 1990].

Актуальность темы. В современном сельском хозяйстве значительную часть гербицидных препаратов, применяемых для защиты масличных и зернобобовых культур, составляют ингибиторы ALS – фермента ацетолактат-синтазы. Широко применяемыми представителями этого класса гербицидов являются сульфонилмочевины. В 70-х годах прошлого столетия учеными американской компании «American Cyanamid Company» был открыт новый класс ингибиторов ацетолактат-синтазы – имидазолиноны. В силу разнообразия гербицидной активности и низкой токсичности имидазолиноны успешно применяют в сельском хозяйстве всего мира. Перспективным соединением класса имидазолинонов является имазамокс (селективность, широкий спектр действия, защита востребованных культур), продукт относительно новый и до 2013 года на отечественном рынке были представлены лишь два зарубежных препарата, содержащих имазамокс – Пульсар, ВР (40 г/л имазамокса) и Евро-Лайтнинг (33 г/л имазамокса, 15 г/л имазапира), производимые фирмой BASF. Имазамокс – послевсходовый

системный гербицид имидазолинонового ряда, широкого спектра действия для борьбы с однолетними злаковыми и двудольными сорняками в посевах бобовых культур - сои и гороха. Возможно и применение гербицида на рапсе и подсолнечнике, при условии использования устойчивых к имидазолинонам сортов и гибридов этих культур. Поэтому весьма актуально создание отечественного гербицида на основе имазамокса.

Степень изученности. Разработка отечественного гербицидного препарата на основе имазамокса с оригинальным содержанием действующего вещества и препаративной формы на момент наших исследований не проводилась.

Основная цель нашей работы заключалась в создании отечественного, эффективного и безопасного гербицидного препарата на основе действующего вещества имидазолиноновго ряда для борьбы с сорными растениями в посевах бобовых и масличных культур.

Исходя из целей научной работы, были поставлены следующие задачи:

1. Разработать отечественный гербицидный препарат на основе имидазолинонов для борьбы с сорными растениями на посевах бобовых и масличных культур.
2. Изучить физико-химические свойства производных имидазолинонового ряда с целью создания оптимальной препаративной формы гербицида.
3. Обеспечить оптимальное взаимодействие рабочего раствора отечественного гербицида с сорными растениями на основе использования современных сурфактантов.
4. Оценить биологическую эффективность и безопасность для защищаемых культур созданного препарата в лабораторных и полевых условиях.
5. Провести токсиколого-гигиеническую и экологическую оценку разработанного препарата.

- б. Разработать регламенты эффективного и безопасного применения нового отечественного гербицида для защиты бобовых и масличных культур.

Научная новизна работы состоит в создании первого отечественного гербицидного препарата на основе имазамокса с содержанием действующего вещества 120 г/л и оценке его биологической эффективности, экологической безопасности; разработке регламентов его применения.

Практическая значимость и реализация результатов исследований. Разработана рецептура препарата, апробированы и внедрены лабораторный и технологический регламенты его производства. Препарат Парадокс, ВРК прошел все необходимые биологические и токсиколого-гигиенические испытания, включен в список пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации, и внедрен в производство. Результаты полевых испытаний показали, что препарат Парадокс, ВРК (120 г/л имазамокса), по своей биологической эффективности не уступает препаратам аналогичного действия зарубежного производства и значительно снижает пестицидные нагрузки.

Методология и методы исследования. Методология основана на анализе научных публикаций отечественных и зарубежных авторов. Исследования включали полевые и лабораторные наблюдения и эксперименты, анализ и статистическую обработку данных.

Основные положения, выносимые на защиту:

- 1) Первый отечественный гербицидный препарат на основе имазамокса – Парадокс, ВРК (120 г/л) для защиты бобовых и масличных культур.
- 2) Биологическая эффективность и безопасность созданного препарата.
- 3) Регламенты применения в сельском хозяйстве страны нового отечественного гербицида для защиты бобовых и масличных культур.

Апробация работы. Результаты исследований опубликованы в периодической печати, докладывались на различных международных

конференциях, проходивших в ФГБНУ СибНИИЗХиМ (ФГБНУ СО Россельхозакадемии) (Новосибирск, 2014), БелНИИЗР (Минск, Прилуки, 2015), ФГБНУ ВНИИ фитопатологии (Большие Вяземы, 2016). Данные исследовательской работы ежегодно докладывались на заседаниях Методической комиссии ФГБНУ ВИЗР (2013-2016 гг.).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 5 научных работ, в том числе 2 в журналах, рекомендованных ВАК.

Личный вклад. Автор с 2011 г. является сотрудником ЗАО Фирма «Август» и с 2012 очно обучался в аспирантуре ВИЗР, где были получены использованные в диссертации экспериментальные материалы. Автор принимал личное участие в разработке гербицидного препарата, проведении опытов и анализе полученных данных, написании статей и диссертации (2012 – 2016 гг.).

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, 6 разделов с результатами исследований, заключения, практических рекомендаций, списка литературы и приложений. Работа изложена на 166 страницах машинописного текста и содержит 24 таблицы и 55 рисунков. Список литературы составляет 272 источника, в том числе 48 на иностранных языках.

Благодарности Автор выражает искреннюю благодарность научным руководителям академику РАН, доктору с.-х. наук В.И. Долженко и кандидату химических наук Л.М. Нестеровой, за оказанную помощь на всех этапах исследований, кандидату с.-х. наук Т.А. Маханьковой за консультационную помощь при ежегодных отчетах, кандидату химических наук Л.С. Елиневской за консультационную помощь при разработке гербицидного препарата и его исследованиях, кандидату биологических наук М.В. Колупаеву, научному сотруднику А.Г. Львову и сотрудникам институтов «ФНГЦ им. Ф.Ф. Эрисмана» и ФГБНУ ВИЗР за сотрудничество при проведении исследований и статистическом анализе данных.

1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1. Народнохозяйственное значение зернобобовых (горох, соя) и масличных (подсолнечник, рапс) культур

В последние годы проблема кормового белка привлекает особое внимание не только ученых, но и специалистов сельского хозяйства. Отсутствие высококачественного белка в продуктах питания людей и кормах для сельскохозяйственных животных в ряде мест земного шара является одной из наиболее серьезных опасностей для нашего поколения. В связи с этим в настоящее время проблема растительного белка в мировом масштабе превращается в жизненно важную, а белок приобретает значение стратегического сырья. Поэтому сокращение дефицита белка – одна из самых первостепенных и сложных задач мировой сельскохозяйственной науки и практики [Чекмарев, 2011; Магомедов, 2013]. К наиболее перспективным источникам пищевого белка относятся семена масличных и бобовых культур, а также вторичное сырье пищевой промышленности, образующееся при производстве растительных масел, крахмала, при переработке молока и мяса. При сравнении целесообразности использования животных белков следует учитывать непрерывно возрастающую их стоимость, а также дефицитность и трудоемкость получения [Аникеева, 2010]. С этой точки зрения наибольшую ценность имеют зернобобовые культуры, преобладающие над остальными по аминокислотному составу [Рогов, 2007; Степура, 2010], а пополнение белкового дефицита в России за счет собственных дешевых высокобелковых культур задача крайне важная [Брежнева, 2006].

Включение зернобобовых в севооборот оказывает положительное влияние на агробиоценоз. Бобовые культуры являются существенным источником поступления в почву азота и пополнения органическим веществом корнеобитаемого слоя, особенно в смеси со злаковыми культурами [Саранин, 1994; Мельникова, 2011]. Широкое использование биологического азота в земледелии обеспечивает снижение энергозатрат, экономию

материальных ресурсов, уменьшает загрязнение окружающей среды продуктами деградации азотных удобрений [Мишустин, 1979; Мишустин, Черепков, 1983]. Кроме того, возделывание бобовых способствует оптимизации микробиологической обстановки в почве, улучшению целого ряда её физико-химических свойств, в результате чего существенно повышается почвенное плодородие [Беседин, 2010; Башков, 2012]. Тем самым зернобобовые культуры являются важнейшим фактором биологической интенсификации земледелия как средообразующая культура в севообороте, например, после гороха в почве остается до 100 кг/га связанного азота [Морозов, 2010; Плескачев, Мисюряев, 2013].

Возделывание **гороха** в мире растет непрерывно. "Гороховая революция", произошедшая в Европе за последние двадцать лет, выразившаяся в резком возрастании площадей под зерновым горохом, в большой степени связана с использованием новых сортов, увеличивающих технологичность культуры. Высокое содержание белка, разнообразие использования, положительное влияние на плодородие почвы, целесообразность посева как парозанимающей, промежуточной, послеукосной культуры, возможность выращивания в разных регионах, предопределили весомое народнохозяйственное значение гороха [Шпаар и др., 2000; Путырский и др., 2000]. На сегодняшний день в нашей стране, после многих лет стабильного сокращения, наблюдается тенденция к росту посевных площадей, используемых под горох. По сравнению с 2000 г. в 2003-2004 гг. посевы гороха увеличились в 1.4 раза и занимали 757.5 тыс. га [Сеферова, Никишкина, 2004]. Совершенствование технологии возделывания, на примере СПК «АФ Новобатайская» Ростовской области, позволяет получать не менее 3 т/га зерна [Васильченко, 2002], при средней урожайности гороха 1.20 т/га [Парахин и др., 2004].

Помимо гороха среди зернобобовых культур особое место занимает **соя**, как одна из наиболее доходных [McPherson et al., 2003]. Ни одно растение в

мире не дает столько белка и жира, сколько соя, ни одно растение в мире не может соперничать с ней по количеству вырабатываемых продуктов. Содержание белка в семенах сои в среднем 38-42 %. После экстракции жира из семян содержание в них белка достигает 50%. Для сравнения: пшеница, ячмень, кукуруза, просо содержат 10-12% [Вишнякова и др., 2001]. Каждый россиянин в среднем в год употребляет около 0,7 кг чистого соевого белка, для жителей крупных городов этот показатель достигает 1,5 кг [Дон, 2003]. Соевые белки по аминокислотному составу на уровне говядины высшей категории, а по лечебно-оздоровительному значению равных им нет [Доценко, 2010; Капитонов. 2011]. Посевные площади под соей растут, а география посевов сдвигается в более северные широты [Сеферова и др., 2002; Clemente, Domoney, 2001] - Ульяновская область [Дозоров, 2002], Псковская область [Никитин, Иванцов, 2002], Татарстан [Авзалов, Долотин, 2001], и охватывает районы Нечерноземной зоны [Бурляева, 2003; Кобозева и др., 2007; Гуреева и др., 2008]. На сегодняшний день Россия производит около 400 тыс. т. сои или 0,2% от мирового вала [АПК-Информ, 2007].

Если в производстве белка наблюдается тенденция к росту, то масложировая промышленность уже является одной из ведущих отраслей пищевой индустрии России в промежуточном и конечном потреблении. Перспективы развития этой отрасли с позиции её рыночных возможностей достаточно высоки. Более того, Россия обладает богатейшим потенциалом для развития сырьевой базы масложировой промышленности. В настоящее время в отрасли и ее сырьевой составляющей функционирует более 1 тыс. сельхозпредприятий, 3 тыс. фермерских хозяйств, 102 крупных и средних и около 2 тыс. малых промышленных предприятий, более 100 торговых домов [Сухина, 2005]. Доля импорта по всем видам продукции составляет около 45%, по маслу растительному около 40% [Сергеев, 2002; Дзюбинский, 2003 Кайшев, 2004].

Наиболее возделываемой масличной культурой в России является **подсолнечник**, на долю которого приходится около 75% площади, занимаемой масличными культурами, и до 80% производимого растительного масла в стране. Подсолнечник – одна из основных масличных культур, возделываемых в мире. Подсолнечное масло – высококалорийный пищевой продукт, обладающий хорошими вкусовыми качествами, широко применяемый в пищевой промышленности для изготовления овощных и рыбных консервов, маргарина, различных кондитерских изделий, в хлебопекарном производстве [Степычева, 2011; Наумова, 2013]. Единица подсолнечного масла по питательности равноценна восьми аналогичным единицам картофеля, четырем – хлеба, двум – трем единицам сахара. Подсолнечное масло обладает высокими вкусовыми качествами, по усвояемости и калорийности превосходит другие жиры. Современные сорта подсолнечника отличаются высокой масличностью семян – до 52 – 54% и пригодностью к механизированной уборке, а массовая доля липидов в высокомасличных семенах достигает 64-66% [Тихонов, 1991]. В настоящее время среди культивируемых в России сортов и гибридов подсолнечника наиболее распространены два типа, отличающихся по составу жирных кислот в масле [Степуро, 2008]. Подсолнечное масло содержит в среднем 90% ненасыщенных жирных кислот – линолевой и олеиновой, а также до 10% насыщенных – пальмитиновой и стеариновой [Юхвид, 2006]. Наибольшую ценность для организма человека представляют ненасыщенные кислоты, особенно линолевая, содержание которой в масле подсолнечника составляет 55-60 %, олеиновой 30-31% суммы всех жирных кислот. При переработке семян на масло в виде побочной продукции получают около 35% шрота, который является ценным концентрированным высокобелковым кормом для сельскохозяйственных животных [Павлюк, 2006; Гребнева, 2008]. Шрот и жмых – высокобелковые корма для животных. В шроте содержится 32-35% сырого протеина, около 1% жира, 20% углеводов, 30-35% фитина, 13-14%

пектинов, а также витамины группы В, кальций и фосфор. Высокая кормовая ценность шрота и жмыха из семян подсолнечника обусловлена тем, что в них содержится большое количество незаменимых аминокислот [Щеколдина, 2009], таких как триптофан, метионин, лизин и другие [Семенов, 2011; Щеколдина, 2015]. Лузга используется в гидролизной промышленности для выработки гектозного и пентозного сахаров [Никитчин, 1993]; из первого получают этиловый спирт и кормовые дрожжи, из второго фурфурол для изготовления пластмассы, в настоящее время разрабатываются новые методы переработки и использования лузги [Кощаев, 2008; Слюсаренко, 2010; Хусид, 2015]. Также подсолнечник используют для приготовления силоса. В стеблях, листьях и корзинках много углеводов, в связи с чем он легко силосуется. В это время урожайность сырой массы достигает 600 ц/га, причем в ней содержится до 2,5% протеина, 0,8% - жира, 17% углеводов, много фосфора и кальция, а также каротина [Подгорный, 1967; Корякин, 2010]. Немаловажно использование подсолнечника на силос в смешанных посевах [Троц, 2007; Троц 2010].

Подсолнечник – хороший медонос. Особую ценность в этом отношении он представляет в степной зоне Украины, где цветет в середине лета, когда остальные растения уже отцветают. При этом обеспечивает сбор высококачественного меда [Комлацкий, 2005; Байманов, 2008]. Подсолнечник является высокодоходной культурой, уровень её рентабельности в отдельных хозяйствах нашей страны достигает 430-680%, поэтому площади под подсолнечником постоянно растут [Лукомец, 2011; Шендеров, 2003].

Еще одной немаловажной масличной культурой в нашей стране является **рапс**. Рапс имеет большое продовольственное, кормовое, техническое, агротехническое и экологическое значение. Расширение его посевных площадей [«АБ-Центр», 2014] имеет широкие перспективы в России, прежде всего для производства растительного масла, годовое потребление которого

должно вырасти с 8,8 до 13,2 кг на душу населения [Артемов, 2005; ЛБР-групп, 2005].

Семена рапса содержат от 40 до 50% масла и около 30% протеина, приближаясь в этом отношении к подсолнечнику и сое [Милащенко, 1989; Федотов, 1998]. В семенах сортов, выведенных до 70 – 80 гг. XX века содержались в избытке вещества, снижающие питательную ценность: глюкозинолаты, эруковая и эйкозеновая жирные кислоты и др. сорта, содержащие в масле эруковую кислоту, а в жмыхе (шроте) глюкозинолаты, относят к типу «++» [Ситникова, 1987; Щербаков, 2003; Гамаюрова, 2011]. Эруковая кислота, содержащаяся в масле, ухудшает деятельность сердечно-сосудистой системы. Линоленовая кислота, улучшающая физиологию питания, выполняет важнейшую функцию в кислородном обмене нервных клеток. Однако при длительном хранении придает маслу неприятный, горький вкус [Мхитарьянц, 2012]. Глюкозинолаты также делают жмых горьким, к тому же гидролизуясь в желудке, они превращаются в токсичные вещества, вредные для скота и птицы [Антоний, 1980; Вертипрахов, 2009]. В связи с этим совсем еще недавно рапсовое масло в большей степени использовали на технические цели, а жмых – на удобрение и топливо. Однако современные сорта рапса – безэруковые и малоглюкозинолатные типа «00» и «000», в которых резко уменьшено содержание эруковой кислоты в масле и глюкозинолатов – в жмыхе сделало рапсовое масло высокоценным для питания населения, а шрот – для кормления животных. [Солонникова, 2005; Винничек, 2008; Зорикова, 2010].

В настоящее время рапсовое масло с высокой биологической ценностью, широко применяют непосредственно для питания, а также для приготовления маргарина, майонеза, комбижира, кулинарного жира, салатного масла, мороженого, шоколадной массы и др. [Малашенков, 2010; Нурлыгаянов, 2010]. В сортах типа «00» содержание эруковой (и эйкозеновой) жирных кислот в них сопряжено с физиологически ценной олеиновой и линолевой кислотами.

По содержанию и соотношению олеиновой и линолевой жирных кислот рапсовое масло семян типа «00» – является одним из лучших, а по вкусовым качествам и кулинарным свойствам приравнивается к подсолнечному и соевому [Букин, 1999; Субботина, 2009].

Кормовое значение рапса разнообразно. В качестве корма могут быть использованы сами семена рапса (для птицы), рапсовая мука, жмых, шрот, масло и зеленая масса растений [Пирогов, 2008; Егорова, 2015].

Рапс – ценный предшественник для любой сельскохозяйственной культуры, особенно для зерновых и яровых культур в полевых и кормовых севооборотах [Францева, 2010]. Рапс подавляет действие многих почвенных патогенов, в том числе корневых гнилей зерновых культур. Его мощные, глубоко проникающие корни хорошо разрыхляют почву, и, быстро разлагаясь, делают ее пригодной для посева последующих зерновых культур при минимальной или даже нулевой обработке почвы. При этом, добывая из глубины макро- и микроэлементы питания, рапс в большом количестве оставляет их в поверхностном или пахотном слое почвы в форме корневых и пожнивных остатков и измельченной соломы [Милащенко, 1989; Абуова, 2012; Акманаев, 2014].

Возделывание озимого и ярового рапса благотворно влияет на окружающую среду обитания: воздух почву, рапс – хороший медонос, с 1 га собирают до 90 кг меда [Киреева, 2008], а 1 га хорошо развитых посевов озимого рапса выделяют в атмосферу около 10 – 11 млн. литров кислорода, превосходя в этом отношении другие культуры и уступая только сахарной свекле [Шпаар, 1999].

Использование биотоплива, получаемого переработкой рапсового масла обеспечивает расширение сырьевой энергетической базы и снижение себестоимости сельскохозяйственной продукции, кроме этого снижается

вредное воздействие на экологию [Кухарев, 2009; Дрюпин, 2011, Мирзоев, 2015].

Рапс – потенциально высокоурожайная культура. Однако ее урожайность сильно зависит от почвенно-климатических условий, уровня культуры земледелия, степени интенсификации агротехнологии, своевременности и качества выполнения каждого агроприема, а главное, от опыта и знаний агроменеджера. Современные сорта ярового рапса интенсивного типа в нашей стране могут давать от 20-25 до 30-35 ц/га семян, а озимого – от 40 до 50 ц/га и более. Они весьма отзывчивы на улучшение агротехники. Как правило, дополнительные приемы, увеличивающие урожайность (удобрения, пестициды, регуляторы роста и др.) с избытком окупаются прибавками урожая и повышают экономическую эффективность производства, что и демонстрируется на полях ряда компаний [Федотов, 2007].

1.2. Особенности технологии возделывания зернобобовых и масличных культур

Зернобобовые культуры можно размещать в севообороте после любых культур, кроме многолетних бобовых трав и зерновых бобовых [Пожарский, 2012]. Размещение их по бобовым культурам ведет к накоплению в поле специфичных вредителей и болезней и снижению урожайности. Считают, что зернобобовые культуры можно возвращать на то же поле не ранее чем через 3 – 4 года, когда численность специфичных вредителей и болезней снизится [Борисова, 2014]. Например, злаковая растительность – неблагоприятный корм для большинства вредителей зернобобовых культур, поэтому зерновые культуры (пшеница, ячмень, овес) считаются наиболее эффективными предшественниками. При чередовании зернобобовых с зерновыми культурами повреждаемость бобов, например, плодояркой и совками снижается более, чем в 5 раз по сравнению с бессменным посевом. Сами бобовые культуры – хорошие предшественники для зерновых, пропашных и технических культур [Полянская, 2012], поскольку при благоприятных условиях симбиоза они

менее, чем другие культуры, истощают почву азотом, а включение зернобобовых компонентов в состав злаковых смесей значительно повышает биологическую активность почвы [Иванайская, 2009; Морозов, 2010].

Все бобовые охотнее используют минеральные формы азота, чем азот воздуха. Однако азотные удобрения угнетают фиксацию тем сильнее, чем выше норма азота. При благоприятных условиях симбиоза под зерновые бобовые культуры не следует вносить азотные удобрения. Они, угнетая симбиоз, снижают количество фиксированного азота воздуха на величину усвоенного азота удобрений и не повышают семенную продуктивность зерновых бобовых культур (высокие нормы азотных удобрений снижают ее). Таким образом, для научнообоснованного определения видов и норм минеральных удобрений под бобовые культуры необходимо знать, каково содержание питательных веществ в почве данного поля, есть ли возможность обеспечить оптимальные условия для симбиотической азотфиксации, применить орошение на данном поле, а также какой урожай планируется. Потребность в фосфорно-калийных удобрениях и нормы их внесения под зернобобовые культуры определяются в первую очередь содержанием этих элементов в почве конкретного поля. По обеспеченности подвижным фосфором и обменным калием почвы дифференцированы на 6 групп [Мишустин, 1968; Синявский, 2008].

При низком содержании в почве фосфора и калия, и повышенной кислотности внесение даже высоких норм фосфорно-калийных удобрений и известки непосредственно под бобовую культуру не обеспечивает азотной фиксации и хорошего урожая из-за наличия в пахотном слое почвы многочисленных очагов с повышенной кислотностью и низким содержанием фосфора и калия. На такой почве рекомендуется высевать бобовые на второй год после известкования и внесения фосфорно-калийных удобрений [Демиденко, 2013]. На почвах с очень высокой обеспеченностью этими элементами фосфорно-калийные удобрения не вносят. Исключение среди

зерновых бобовых представляет люпин желтый, под который фосфорно-калийные удобрения не вносят, если содержание этих элементов в почве составляет более 50 мг/кг почвы. Микроэлементы растения потребляют в незначительных количествах, однако они имеют очень важное значение для симбиотической азотфиксации. При их недостатке резко снижается, а иногда и полностью прекращается фиксация азота воздуха. Наибольшую важность представляет бор и молибден. Молибден входит в ферментный комплекс – нитрогеназу, который осуществляет расщепление молекул азота. Бор способствует развитию сосудисто-проводящей системы, доставляющих углеводы из листьев в клубеньки. Используют микроэлементы, в случае, если содержание их в почве ниже средней обеспеченности [Третьяков, 2004].

При выращивании бобовых культур, помимо солей, применяют бактериальные удобрения. Для образования клубеньков на корнях бобовых культур необходимо наличие специфичного вирулентного активного штамма ризобий. Род *Rhizobium* делится на 11 видов. Каждый вид инфицирует один или несколько видов бобовых культур. Там, где данную культуру возделывают давно, в почве есть спонтанные штаммы ризобий. Например, практически повсеместно есть клубеньковые бактерии гороха, вики, кормовых бобов [Фадеева, 2011; Сергалиев, 2014]. Инокуляция семян этих культур, как правило, бывает неэффективной. А такие культуры, как люпин и соя, высеваемые на данном поле, требуют искусственного заражения специфичным штаммом ризобий. Без этого клубеньки на корнях не образуются, азотфиксация не происходит, и урожайность культуры будет ограничена естественным плодородием почвы. На кислых почвах спонтанные штаммы обладают пониженной активностью [Чекмарев, 2012], поэтому после известкования почв высокими нормами удобрений, в результате которых рН почв снижается на 1,5 – 2,0 единицы, целесообразно проводить инокуляцию всех бобовых культур более активными штаммами ризобий. Семена

обрабатываются в день посева, еще лучше делать это непосредственно перед посевом, так как ризобии гибнут на семенах [Шабаев, 1992].

При инокуляции и обработке семян пестицидами необходимо учитывать следующие правила: протравливание семян дитиокарбаматами лучше осуществлять заблаговременно, не менее чем за месяц до посева. Обработку семян препаратами, менее токсичными для клубеньковых бактерий (например, бензимидазолами), можно совмещать с обработкой ризобиями в день посева [Агрономический портал, 2015].

При посеве зернобобовых после зерновых производят лушение стерни дисковыми луцильниками на глубину 7 – 8 см. Через 2 – 3 недели проводят зяблевую вспашку плугами с предплужниками. При длительном тепловом периоде после вспашки проводят две культивации зяби для уничтожения сорняков. Предпосевная обработка заключается в культивации, выравнивании и прикатывании почвы. После культивации под культуры, выносящие семядоли на поверхность, проводят прикатывание [Медведев, 2010; Кирсанова, 2011].

Следует отметить, что относящееся к одному семейству зернобобовые культуры имеют много биологических различий, которые необходимо учитывать при их возделывании и защите.

Подсолнечник же размещают в севообороте после озимых зерновых и кукурузы на силос. Нельзя сеять подсолнечник после сахарной свеклы или люцерны, так как эти культуры сильно иссушают почву. Рапс, горох, соя и фасоль имеют ряд общих заболеваний с подсолнечником (белая и серая гнили, склеротиниоз и др.), что объясняет нежелательное использование их в севообороте как предшественников. Подсолнечник, согласно традиционной схеме севооборота может выращиваться на одном поле с интервалом в 7 – 8 лет, который соответствует максимальному уровню насыщения севооборота культурой 12 – 14% [Васильев, 1991], однако на сегодняшний день

существуют сорта, возврат которых в севообороте возможен через 4 – 5 лет и даже через 2 года [Чурзин, 2008; Медведев, 2011]. Для роста подсолнечнику необходимо большое количество питательных веществ, особенно в период от образования корзинки до цветения, когда энергично накапливается органическая масса. Ко времени цветения подсолнечник поглощает 60% азота, 80% фосфорной кислоты и 90% калия от их общего выноса из почвы за весь период вегетации, в этот период особенно требовательны растения к фосфорному питанию [Лухменев, 2015]. Система удобрений включает основное органическое и минеральное удобрение под зяблевую обработку и минеральное удобрение после посадки (рядковое). Подсолнечник хорошо отзывается на последствие навоза, при внесении под предшествующую культуру [Мельник, 2014].

Обработка почвы направлена на полное подавление многолетних сорняков, сохранение влаги и подготовку поверхности. Для увеличения запасов влаги в почве на полях проводят снегозадержание. Весной проводят боронование и выравнивание зяби, культивацию [Астахов, 2001; Кислов, 2007]. Под вспашку зяби вносят органические, а также фосфорно-калийные удобрения в зависимости от уровня плодородия почвы. Азот вносят под предпосевную культивацию в виде подкормок. Избыток азотного питания делает растения подсолнечника менее устойчивыми к засухе и болезням, ведет к снижению масличности семян [Игнатъев, 1968; Енкина, 1975; Лучинский, 2010].

Технология возделывания подсолнечника в наши дни полностью исключает ручные прополки. Уход за посевами проводят преимущественно механическими приемами - довсходовым и после всходов боронованием, при необходимости используют гербициды. К числу общих мер защиты подсолнечника следует отнести соблюдение севооборота, выполнение требований семеноводства, протравливание семян, выращивание в хозяйстве нескольких сортов или гибридов [Марчик, 2006].

Рапс относится к культурам, требующим строгого чередования в севообороте. Хорошие предшественники рапса и правильное чередование его с другими культурами в севообороте – важнейшее условие, предупреждающее развитие болезней, вредителей и сорняков, служащее основой получения устойчиво высоких урожаев [Хусаинов, 2010; Магомедов, 2012].

Хорошими предшественниками могут быть картофель (особенно, если под него был внесен навоз), гречиха, многолетние и однолетние травы, экспарцет, люцерна, донник, викоовсяная смесь и др. Нельзя размещать рапс после культур семейства капустные (рапс, сурепица, горчица, капуста и др.), поскольку у рапса с ними много общих болезней и вредителей. Более того, капустные культуры в севообороте с рапсом вообще не должны быть, поскольку многие из них являются растением – хозяином патогенной инфекции, которая способна сохраняться многие годы. По той же причине в рапсовых севооборотах не желательно возделывать подсолнечник и зернобобовые культуры, сахарную и кормовую свеклу, лен [Милащенко, 1989; Шпаар, 1999]. Не допустимо возделывание рапса на полях, сильно засоренных горчицей полевой, редькой дикой и другими сорняками семейства капустных.

Протравливание семян рапса занимает особое место в интегрированной защите растений. Оно дает возможность обеспечить высокоэффективную химическую защиту растений на первом критическом этапе их жизни, когда растения уязвимы, и повысить экономическую эффективность защиты растений. Важным является и тот момент, что применение инсектицидов таким способом способствует улучшению экологической ситуации в агроценозе и в системе «вредитель-энтомофаг» [Исмагилов, 2008; Станкевич, 2011].

В отличие от озимого рапса, яровой обладает меньшей возможностью поглощения питательных веществ. Это связано с менее развитой корневой системой и коротким периодом вегетации. Яровой рапс более требователен к

обеспечению питательными веществами, особенно азотом, калием, фосфором, серой и бором. На протяжении всего вегетационного периода рапс нуждается в большом потреблении азота и целесообразно осуществлять удобрение почвы в два приема: до посева и в период начала стеблевания. Азот обеспечивает растение приростом массы, образованием стручков и числом семян на единицу площади. Фосфор помогает развитию корней, устойчивостью к полеганию и ускоряет процесс созревания, а его недостаток приводит к снижению урожайности. Калий, помимо поддержания водного баланса растений, необходим для образования цветков и стручков, магний помогает регулировать энергетический обмен и участвует в обмене веществ [Синягина, 2013; Томашов, 2015]. Немаловажными элементами питания рапса являются сера и бор. Дефицит бора приводит к сокращению семян в стручках, а сера, снижает возможность полноценного использования азотных удобрений [Танделов, 2011]. Использование борных и серных удобрений способствует повышению жизнеспособности растений и должно осуществляться совместно с обработкой инсектицидами или фунгицидами. Расчет доз удобрений зависит от множества факторов среды: свойств почвы, наличия влаги, особенностей поля (склон, засоренность и др., глубины внесения), сорта, предшественника и внесенных под него удобрений и др. [Бульба, 2014].

Рапс – культура малотребовательная к почвам и может возделываться практически на всех её видах, исключение составляет болотистые участки, очень легкие и песчаные почвы. Идеальные условия для рапса – плодородные почвы, не имеющие кислой реакции. Около 60% предполагаемого урожая – закладывается еще на стадии подготовки почвы и посева. Не имеет значения, проводится ли вспашка, мульчирование или другие агроприемы, целью является создание благоприятных условий для прорастания и развития растений, обеспечение оптимального воздушно-водного и питательного режимов в почве и, соответственно, получение максимального и стабильного урожая. Основная обработка почвы предпочтительна по осени. На глинистых

почвах это способствует минерализации органической массы, а на легких почвах – накоплению влаги. Почва в течение зимы хорошо оседает, накапливает влагу, что способствует лучшему прорастанию семян и развитию растений. Основная обработка почвы осенью снимает напряженность при проведении весенне-полевых работ и весной требуется лишь провести предпосевную обработку. Растения рапса очень чувствительны к различным стрессовым ситуациям до стадии четвертого листа, поэтому необходимо создать оптимальные условия для развития растений в начальной фазе [Иванов, 2010; Медведев, 2012; Беляева, 2014].

Посев рапса должен осуществляться как можно раньше при благоприятных погодных условиях. Семена, высеянные непосредственно после предпосевной обработки, развиваются лучше за счет имеющейся влаги, чем посева, высеянные позднее. При поздних сроках посева остается недостаточно времени для развития растения, формирования листового аппарата как основы получения высокого урожая [Белик, 2001]. Посев в максимально благоприятные сроки обеспечивает вегетативный рост, более глубокое проникновение корневой системы в почву, обеспечивая лучшее снабжение растения влагой и питательными веществами, тем самым повышает гарантию получения высоких урожаев [Михальков, 2011; Иванов, 2013; Rapool, 2016].

1.3. Вредоносность сорной растительности в посевах зернобобовых и масличных культур

Вредоносность — объективное интегрированное свойство сорняков угнетать рост и развитие культур, снижать урожай и ухудшать его качество [Воеводин, 1978].

Сорняки являются конкурентами культурных растений за основные факторы жизни. Многочисленные исследования показывают, что сорные растения потребляют значительно больше питательных веществ, интенсивно

поглощают влагу и элементы питания, в том числе и из вносимых удобрений, вследствие чего снижается их эффективность. Сорные растения затеняют посеvy, заметно снижая коэффициент использования фотосинтетически активной радиации, кроме того, на 1 – 4°С понижается температура почвы, что приводит к замедлению микробиологических процессов [Баздырев, 1985; Каличкин и др., 2003; Скурьят и др., 2004].

Потребляя влагу сорняки наносят серьезный вред посевам, известно, что на формирование 1 кг сухого вещества большинство видов сорной растительности расходует в среднем в 1,5 – 2,5 раза больше воды, чем культурные растения. На посевах с преобладающим количеством сорной растительности влажность почвы снижается на 2 – 5%, что существенно влияет на рост и развитие культур, особенно в начальный период вегетации [Захаренко, 2000; Артохин, 2004; Васютин, 2004]. Помимо снижения качества урожайности и качества продукции затрудняется проведение агротехнических мероприятий, в том числе и уборочные работы [Спиридонов, 2004], быстрее затупляется и изнашивается оборудование, детали культиваторов, дисковых орудий, снижается производительность уборочной техники, затрудняется обмол зерна, появляется необходимость в дополнительных мероприятиях по очистке зерна. В связи с этим возрастает себестоимость продукции и снижается рентабельность [Мальцев, 1962; Фисюнов, 1984; Воеводин, 1986; Баздырев, 2000, 2004]. Большая роль в снижении количества сорняков, а также в предотвращении распространения болезней и вредителей отводится севооборотам с научно обоснованным чередованием культур. Бесменное возделывание зерновых, зернобобовых, пропашных культур и многолетних трав ведет к значительному размножению сорняков, способствует накоплению в почве возбудителей грибных и бактериальных заболеваний. При этом многолетняя практика показывает, что защитить посеvy только агротехническими приемами практически невозможно.

Наиболее распространены в посевах зернобобовых однолетние двудольные сорняки: василек синий (*Centaurea cyanus L.*), горчица полевая (*Sinapis arvensis L.*), марь белая (*Chenopodium album L.*), пастушья сумка обыкновенная (*Capsella bursa pastoris (L.) Medik.*), пикульники (*Galeopsis L.*), редька дикая (*Raphanus raphanistrum L.*), ромашка непахучая (*Tripleurospermum inodorum L.*), щирица (*Amaranthus L.*), ярутка полевая (*Thlaspi arvense L.*); злаковые сорняки: куриное просо (*Echinochloa crus-galli (L.) Beauv.*), щетинник сизый и зеленый (*Setaria glauca (L.) Beauv.*, *Setaria viridis (L.) Beauv.*). Среди многолетних сорняков в посевах зернобобовых чаще других встречаются бодяк полевой (*Cirsium arvense L.*), вьюнок полевой (*Convolvulus arvensis L.*), осот полевой (*Sonchus arvensis L.*), пырей ползучий (*Elytrigia repens L.*) и хвощ полевой (*Equisetum arvense L.*) [Ларина, 2009; Полиэра, 2012].

Подсолнечник, как и многие другие технические масличные культуры, очень чувствителен к сорнякам, особенно на ранних стадиях развития, как правило, первые 20 – 30 дней, в фазу дифференциации конуса нарастания, во время которой закладываются цветочные бугорки. Чем выше засоренность в этот промежуток времени, тем меньше образуется цветков, что естественно определяет величину будущего урожая. Высокую конкуренцию культуре составляют щетинники (*Setaria glauca L.*, *Setaria viridis L.*), куриное просо (*Echinochloa crus-galli L.*), марь белая (*Chenopodium album L.*), щирица запрокинутая (*Amaranthus retroflexus L.*), горчица полевая (*Sinapis arvensis L.*), пикульник обыкновенный (*Galeopsis tetrahit L.*), чистец однолетний (*Stachys annua L.*), бодяк полевой (*Cirsium arvense L.*), вьюнок полевой (*Convolvulus arvensis L.*), пырей ползучий (*Elytrigia repens L.*). Произрастание на 1 м² одного растения щетинника или куриного проса снижает урожайность семян подсолнечника на 0,23 ц/га, бодяка полевого – на 0,94 ц/га, потери урожая при сложном типе засоренности могут достигать 0,54 ц/га. При ротациях подсолнечника преобладание злаковых среди таких видов сорной

растительности сменяется преобладанием двудольных уже ко второй ротации [Тишков, 2012; Хрюкина, 2013]. Другие трудно искореняемые виды сорняков в посевах подсолнечника, такие как амброзия (*Ambrosia spp.*), дурнишник (*Xanthium spp.*) или паразитическое растение заразиха (*Orobanche L.*) приводят к значительным потерям урожая, на сегодняшний день существуют агрессивные виды заразихи, способные уничтожить более 50%, а иногда и до 100% урожая культур, особенно в южных регионах. Не менее проблемным в посевах подсолнечника считается осот (*Sónchus L.*), устойчивый к действию многих гербицидов он затрудняет обработку и требует дополнительных ресурсов для борьбы с ним [Лучинский, 2010; Новый аграрный журнал, 2013; Семьнина, 2013].

Рапс, как и подсолнечник, довольной уязвим в начальные фазы развития. В эти фазы всходы растут медленнее и легко угнетаются быстрорастущими сорняками. Высокая засоренность посевов вызывает снижение продуктивности ярового рапса на 30% и более. Наличие сорняков в начальные фазы развития ухудшает условия его перезимовки, возрастает вероятность изреживания посевов [Олюнин, 2009; Савенков, 2009]. Угнетение роста и развития рапса сорной растительностью, способствует развитию и распространению болезней, вредителей, затрудняется уборка урожая и подработка семян. Ухудшению товарной ценности рапса способствует засоренность посевов поздними злаковыми сорняками (щетинники (*Setária glauca L.*, *Setária víridis L.*), куриное просо (*Echinochloa crus-galli L.*)) так как их семена трудноотделимы от семян рапса [Зубкова, 2013]. Посевы рапса засоряются в основном горцем вьюнковым (*Fallópia convólvulus L.*), редькой дикой (*Raphanus raphanistrum L.*), горчицей полевой (*Sinapis arvensis L.*), марью белой (*Chenopódium álbium L.*), видами пикульника (*Galeopsis spp.*), щетинниками сизым и зеленым (*Setária glauca L.*, *Setária víridis L.*), овсюгом обыкновенным (*Avéna fátua L.*), ромашкой непахучей (*Tripleurospermum inodorum L.*), пастушьей сумкой обыкновенной (*Capsella bursa-pastoris L.*),

яруткой полевой (*Thlaspi arvense* L.), гулявником струйчатым (*Descurainia sophia* L.), бодяком (*Cirsium arvense* L.), осотом (*Sónchus arvensis* L.), вьюнком полевым (*Convōlvulus arvensis* L.), пыреем ползучим (*Elytrigia répens* L.) и сурепкой обыкновенной (*Barbaréa vulgáris* L.). В некоторых регионах значительный ущерб приносит подмаренник цепкий (*Gálium aparíne* L.) [Зайцев, 2011]. Хорошо развитые растения рапса, благодаря высокой конкурентной способности в отдельные годы могут самостоятельно подавлять практически все сорняки [Кузнецов, 2007; Бедарева, 2011].

1.4. Методы защиты зернобобовых и масличных культур от сорной растительности

Защита растений в сельском хозяйстве осуществляется посредством комплекса мероприятий, относящихся к различным методам контроля вредных организмов. Современные методы интегрированной защиты растений предполагают использование доступных и оптимальных с точки зрения экономики и экологии методов защиты растений. Они различаются по существу, трудоемкости, затратам, биологической и хозяйственной эффективности. Все их можно разделить на две основные группы: предупредительные и истребительные [Кисилева, 1971; Татарина, 1980]. Предупредительные мероприятия направлены на выявление, локализацию и ликвидацию источников, очагов сорных растений и уничтожение путей их распространения (очистка семенного материала, чередование культур, карантинные мероприятия по локализации и ликвидации злостных карантинных сорных растений и др.). Истребительные мероприятия направлены на уничтожение вегетирующих сорных растений на полях и сельскохозяйственных угодьях. Различают агротехнический, биологический и химический методы борьбы [Фисюнов, 1984; Поспелов, 1986]. Сочетание и чередование всех методов борьбы обеспечивает надежную защиту от сорняков.

Агротехническому методу небезосновательно отводят ведущее место среди методов интегрированной защиты растений. Все мероприятия по защите той или иной культуры базируются на технологии ее возделывания, а технология реализуется посредством агротехники, которая должна учитывать, как особенности культурных растений, так и условия их выращивания [Власенко, 2012]. К агротехническому методу относят конкретные приемы, которые непосредственно влияют на развитие и распространение вредителей, возбудителей болезней и сорняков [Алехин, 2004] и приемы, позволяющие создать оптимальные условия для роста и развития культур и менее благоприятные или неблагоприятные для вредных организмов. Соблюдение правильного севооборота позволяет качественно бороться с сорняками, вредителями и возбудителями болезней культур. Каждой культуре свойственны сателлиты, характерные ей определенные виды вредителей и сорняков, и при возделывании той или иной культуры, количество одних видов сорняков накапливается, других сокращается. Например, после многолетних трав, обычно много многолетних сорняков, особенно вьюнка. После пропашных культур – амброзии, щирицы и мышея. Подобная закономерность встречается довольно часто и её целесообразно использовать при разработке севооборотов и прогнозировании засоренности полей [Чулкина, 2000; Плескачев, 2013; Чекалкин, 2012].

Обработка почвы, не менее важное мероприятие, относящееся к агротехническому методу, особенно в борьбе с сорной растительностью. Глубокая обработка с оборотом пласта позволяет не только заделывать семена сорняков на глубину, с которой они не прорастают, но и предупредить развитие многолетних корнеотпрысковых видов. Предпосевная обработка позволяет снизить численность сорняков, проросших на этот момент. Междурядная культивация позволяет уничтожить более развитые сорняки, в том числе многие виды многолетних препятствующие росту культуры на ранних этапах [Артохин, 2004]. Боронование почвы улучшает аэрируемость

верхнего слоя и участвует в процессе активации симбиотического усвоения атмосферного азота. Подобные методы позволяют эффективно бороться с сорной растительностью в поле, существует ряд примеров успешного возделывания зернобобовых культур по безгербицидной технологии [Баранов, 2005]. Но при современном уровне культуры земледелия, когда засоренность полей заметно возросла, решить проблему защиты посевов зернобобовых или масличных культур, от сорняков одними механическими приемами практически невозможно, а использование гербицидов является необходимостью [Зазимко, 2011].

Используемый в интегрированной защите растений биологический метод, основан на использовании живых организмов для воздействия на вредителей культур, возбудителей их болезней и сорную растительность в их посевах. Помимо выведения и использования устойчивых сортов культур в биометоды используются энтомофаги, акарифаги и вирусы, вызывающие болезни сорняков и вредителей [Штерншис, 2013]. К средствам биологической защиты растений относят также микроорганизмы, выступающие в роли антагонистов возбудителей болезней полезных растений. Идея биологического метода заключается в существовании механизмов регулирования численности популяции любого живого организма его антагонистами. Считается, что природные враги в состоянии удерживать её на более низком уровне, чем при их отсутствии. Например, биологическая регуляция численности вредных насекомых может происходить естественным путем, но может совершаться и направленно (увеличение численности естественных врагов, включение антагонистов вида-мишени). Биологический метод не предполагает полного уничтожения популяций вредных организмов, а лишь их снижения до безопасного уровня, при котором ущерб от вредителя будет минимальным. Влияние популяций вредителей на защищаемые культуры определяются порогами вредоносности эпифитотическим и экономическим. В случае успешного применения биологического метода

плотность популяции вредных организмов сокращается и не причиняет вреда [Чулкина, 2010; Шестеперов, 2014]. Важнейший фактор биологического метода – снижение общей токсикологической нагрузки на агроценозы [Федоренко, 2010; Доброхотов, 2011]. Для борьбы с сорняками в биологическом методе чаще всего используют сами растения, обладающие высокой конкурентной способностью по отношению к некоторым сорнякам. Например, для борьбы с горчаком розовым (*Rhaponticum repens* L.) используются многолетние травы с уплотненным стеблестоем. Предложены методы использования насекомых, в частности мушки фитомизы, в борьбе с заразихой (*Orobancha* L.) на подсолнечнике и овощных культурах [Демидова, 2009]. В любом случае, не все организмы могут снижать численность своего кормового растения до уровня низкой конкурентоспособности с культурным растением. В целом биологический метод борьбы с сорняками еще не получил широкого развития в нашей стране [Артохин, 2004].

В настоящее время решающую роль в получении стабильных и высоких урожаев играет химический метод защиты растений, вследствие высокой эффективности, скорости действия и относительно низкой стоимости проводимых мероприятий [Спиридонов, 2005; Гончаров, 2009; Трифонова, 2014]. Мировой объем продаж пестицидов в начале текущего столетия составил около 30 млрд. долл., в том числе гербицидов 44 – 48% [Hudson et al, 2002], а в 2015 году эта сумма составила около 58,5 млрд. долл., при этом опасность потерь урожая от сорняков не снизилась. Регулирующее действие гербицидов на сорные растения обусловлено их разносторонним влиянием на физиолого-биохимические процессы, лежащие в основе метаболизма, как самих растений, так и их отдельных органов, тканей и клеточных структур. Действие гербицидов связано с особенностями технического строения и физико-химических свойств действующих веществ, интенсивностью их поглощения и перемещения в растении [Мирославова, 1999, Попов, 2003, Blackshaw, 2000]. Как говорилось ранее, с экологической точки зрения,

наиболее приемлемым и безопасным путем снижения засоренности посевов является комплекс предупредительных и агротехнических мероприятий. Однако многолетние исследования и широкая практика показывают, что одними только агротехническими приемами защитить посевы культур практически невозможно, необходимо их рациональное сочетание с химическим методом. Вместе с тем применение большинства гербицидов на посевах зернобобовых или масличных культур затруднительно, в силу высокой чувствительности культур.

1.5. Ассортимент гербицидов для защиты зернобобовых и масличных культур

На сегодняшний день ассортимент гербицидов для защиты гороха и сои представлен следующими действующими веществами: МЦПА, бентазон, имазетапир, имазамокс, хизалафоп-П-этил, феноксапроп-П-этил, галаксифоп-П-этил, хизалафоп-П-тефурил, прометрин, кломазон, с-метолахлор, глифосат, метрибузин, флумиоксазин, клетодим, хлоримурон-этил. Для рапса – кломазон, клопиралид, с-метолахлор, напропамид, пиклорам, пропизохлор, феноксапроп-П-этил, галаксифоп-П-этил, хизалафоп-П-тефурил, этаметсульфурон-метил. На подсолнечнике применяют: глифосат, имазамокс, имазапир, клетодим, оксифлуорфен, пендиметалин, прометрин, пропизахлор, флумиоксазин, галаксифоп-П-метил, хизалофоп-П-этил, хизалафоп-П-тефурил, с-метолахлор, тербутилазин [АгроXXI, 2016].

Представленные списком пестицидов и агрохимикатов действующие вещества, помимо химических классов, делятся на довсходовые (почвенные) и послевсходовые. Доля почвенных гербицидов в случае зернобобовых и масличных культур достаточно высокая, при этом ассортимент послевсходовых препаратов ограничен. По этой причине проблема создания новых действующей веществ и препаратов на их основе, для послевсходового применения остается актуальной. Генетиками и селекционерами создаются новые сорта и гибриды, обладающие устойчивостью к действию гербицидов

широкого спектра действия, химиками разрабатываются новые действующие вещества, обладающие селективностью к защищаемым культурам. Одним из современных классов действующих веществ, применяемых для защиты зернобобовых и масличных культур, являются имидазолиноны. В последнее время препараты на основе имидазолинонов (имазамокс, имазапир, имазетапир) получили широкое применение в защите зернобобовых культур и устойчивых к имидазолинонам гибридов рапса и подсолнечника [Большов, 2016]. Гербициды широкого спектра действия для борьбы с однолетними злаковыми и двудольными сорняками (ингибируют фермент ацетолактат-синтазу, отвечающий за синтез аминокислот с разветвленной цепью – валин, лейцин и изолейцин).

1.6. Механизмы проникновения гербицидов в растения

Активные соединения проникают в растения через корни или побеги и затем перемещаются в нем по ксилеме – системе транспорта воды, или флоэме – системе транспорта углеводов.

В **корнях** растений многие гербициды передвигаются как в апопласте – неживой части растения, включающей в себя внеклеточное пространство и ксилему, так и в симпласте – живой части растения, которая включает в себя клеточные протопласты и флоэму (Рис. 1).

Передвигаясь по апопласту, молекулы гербицида, абсорбируясь корневой системой, проникают в эпидермис, который ведет к корневому участку, называемому кортексом. Движение от кортекса к проводящим тканям ограничено, это связано с наличием поясков Каспари – опробковевшего слоя клеток эндодермы, состоящего из лигнина и суберина, стенки которого, оказываются непроницаемы для воды и растворенных в ней веществ [Лотова, 2010]. Однако, подвижность поглощенных корнями гербицидов, как правило, выше в апопласте, нежели в симпласте. Это объясняется тем, что при испарении влаги с поверхности листа возникает разность в давлении, которая постоянно отводит воду и растворенные в ней вещества от корня в надземные

части растения (эвапотранспирация), поддерживая тем самым градиент концентрации действующего вещества между апопластом корня и внешней средой. В любом случае, соединения, проникающие через корни, должны быть в состоянии, либо диффундировать через пояски Каспари, либо обойти эти уплотнения непосредственно через плазматические мембраны слоя эндодермы. Скорость проникновения через эти липофильные барьеры обуславливается физическими и химическими свойствами проникающего соединения, а скорость поглощения гербицида корневой системой определяется силой транспирации и наличием поясков Каспари в клетках эндодермы.



Рисунок 1 – Передвижение по корневой системе к ксилеме (Dr. Amar Nath Giri-NAGARJUNA-GROUP-NFCL 2015)

Как показывает серия исследований соединений имидазолинонового ряда, поглощение имидазолинонов корнями растений и дальнейшее их передвижение к побегам является функцией липофильности молекулы.

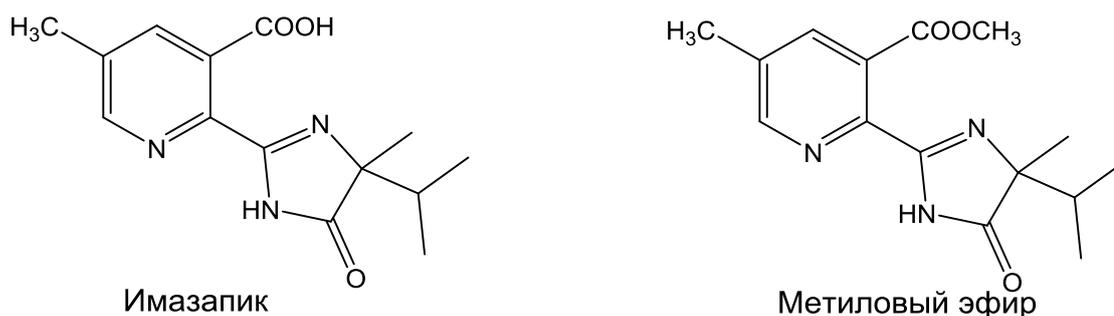
Например, имазакин поглощается корнями значительно лучше, чем имазетапир и даже чем имзапир. Эта связь соответствует их относительной липофильности (Табл. 1).

Таблица 1 – Корневое поглощение и перемещение в подсолнечнике 3-х представителей имидазолинонового ряда ^{14}C метод (D.L. Shanner, S.L. O'Connor, 1991).

Обработка	K_{ow}	Поглощение, %	Распределение поглощенного действующего вещества, %			
			Корнями	Стеблем	Взрослыми листьями	Молодыми листьями
Имазакин	7,7	65,6	84,4	8,4	3,2	4,1
Имазетапир	1,4	54,4	87,4	4,7	3,2	4,7
Имазапир	0,1	19,2	95,8	0,6	1,6	2,0

K_{ow} , в данном случае, коэффициент распределения между n-октанолом и цитратно-фосфатным натриевым буфером (pH 4,0).

Зависимость корневого поглощения от липофильности молекул имидазолинонов можно проследить также на примере имазапика и его метилового эфира. Этерификация в значительной степени увеличивает липофильность и, как следствие, поглощение корнями происходит интенсивнее (Рис. 2, Desiree, 1991).



Поглощение корневой системой саженцев сои

Соединение	K_{ow}	Поглощение, %
Имазапик	1.2	4.5
Метилловый эфир	8.8	10.1

Рисунок 2 – Имазапик и метилловый эфир этой молекулы, сравнение липофильности и интенсивности поглощения корнями

Таким образом, более липофильные представители класса имидазолинонов быстрее всасываются в корни растений и активнее перемещаются к побегам. При этом, липофильные имидазолиноны являющиеся кислотами, например, имазакин, быстро диффундируют из потока транспирации и захватываются в примыкающие ткани, в то время как более полярные имидазолиноны, как, например, имазапир, беспрепятственно двигаются по системе транспирации. Степень, в которой имидазолиноны поглощаются и перемещаются в меристемных тканях, напрямую зависит от липофильности представителей этого класса [Desiree, 1991].

Помимо проникновения через корневую систему, многие гербициды, в том числе имидазолиноны, способны проникать через фотосинтезирующие наземные части растения. При нанесении гербицидов непосредственно на листья, на их способность проникать в кутикулу листа, которая является основным препятствием для некорневого поглощения, являются внешние факторы. Любой фактор, ускоряющий процесс высыхания капли, низкая влажность, ветер, высокая температура, могут потенциально уменьшить общее количество поглощенного гербицида. Потери при поглощении происходят вследствие выделения действующего вещества из рабочего раствора. В связи с этим, для достижения максимального эффекта гербицида, его следует применять, когда погодные условия оптимальны и не способствуют быстрому высыханию капель. **Листья растений** – довольно сложный орган, состоящий из нескольких различных слоев фотосинтетических клеток, лежащих под слоем эпидермальной ткани. Внешняя поверхность эпидермиса включает в себя кутикулу, состоящую из кутина, пектина и парафинов. Точный состав кутикулы, в частности, типы и количества воска, зависит от вида растения, возраста и условий окружающей среды во время развития кутикулы и после [Агржурнал, 2016]. Несмотря на то, что кутикулярные и эпикутикулярные воски отличаются друг от друга по своему составу, все они являются гидрофобным барьером для ксенобиотков,

проникающих через листовую поверхность. Разрывы в кутикуле и наличие пектинов и кутинов, которые могут быть гидратированы в условиях высокой влажности, являются причиной снижения гидрофобности. Именно в этих участках с уменьшенной гидрофобностью происходит поглощение основного количества водорастворимых действующих веществ [Price, 1978].

После того, как соединение проникает в кутикулу, гербицид может либо оставаться в апопласте листа, либо двигаться через симпласт. Перемещаясь из обработанного листа, активное соединение проникает во флоэму и движется с потоком углеводов, которые активно поступают во флоэму листа благодаря созданию осмотического давления. По этому пути движется вода и растворенные в ней вещества. Затем поток воды и растворенных в ней веществ перемещается по растению и может накапливаться в различных его тканях [Wolswinkel, 1984].

Механизм, посредством которого они поглощаются и сохраняются в растительных клетках, в том числе флоэмы, называется ионный захват [Окрако, 1991]. Поскольку имидазолиноны – слабые кислоты с pK_a между 3,8 – 4,0, значительное количество их молекул не диссоциируют при низких значениях pH. Такие молекулы, обладая большей липофильностью, легко диффундируют через мембрану, где диссоциируют в щелочной среде клетки. Обратная диффузия заряженной молекулы происходит значительно труднее, вследствие чего она остается в симпласте (Рис. 3). Значения градиентов pH, которые возникают в растениях обычно 4,5 – 5,0 снаружи клетки и 7,0 – 7,5 внутри клетки, или на уровне 8,0 во флоэме [Hess, 1985].

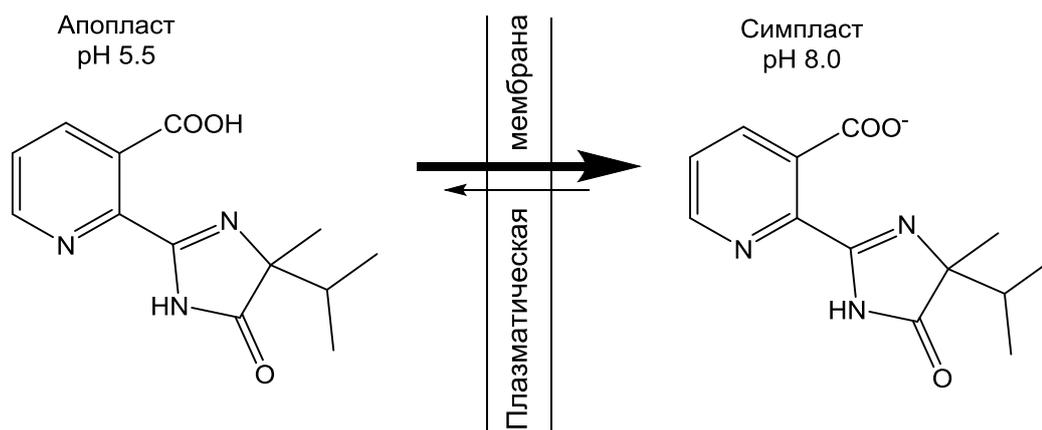


Рисунок 3 – Диффузия молекулы имидазолинона через плазматическую мембрану (Hess, 1985)

После перемещения по флоэме к меристемным тканям имидазолиноны ингибируют АЛС (ацетолактат-синтазу) в точках роста, вызывая гибель растения [Chipman, 1998].

Чувствительность к имидазолинонам у растений зависит также от видовой принадлежности. Селективность часто зависит от метаболизма, но существуют и различия интенсивности поглощения листьями препарата у разных видов. Например, Shaner and Robson [Shaner, 1985] обнаружили, что устойчивость канатника (*Abutilon theophrasti*) к имазакину связана с ограниченным поглощением гербицида через листья, и напротив, вид дурнишника (*Xanthium strumarium*), листья которого в большей степени поглощают имазакин, обладает к нему довольно высокой чувствительностью (Табл. 2). Кроме того, интенсивность поглощения листовой поверхностью у канатника (*Abutilon theophrasti*) снижается с увеличением возраста растения (Табл. 3), что объясняет снижение эффективности гербицида, при сроках применения относящихся к концу вегетационного периода.

Таблица 2 – Поглощение имазакина листьями разных видов растений.

Вид	Контроль после применения, дни	Поглощение, % от нанесенного количества
<i>Abutilon theophrasti</i>	1	8,5
	3	21,0
<i>Xanthium strumarium</i>	1	46,0
	3	60,5

Таблица 3 – Поглощение имазакина листьями для *Abutilon theophrasti*, в разные периоды вегетации.

Период вегетации растений	Поглощение, % от нанесенного количества, контроль на следующий день.
Семядоли	30
4 настоящих листа	21

1.7. Способы повышения эффективности гербицидных препаратов имидазолинонового ряда

Повышение эффективности гербицидов, в первую очередь, улучшения способности проникать в лист, может быть достигнуто различными способами, в том числе включении в рецептуру соответствующих компонентов, например, поверхностно-активных веществ, которые снижают, как поверхностное натяжение капли рабочего раствора, так и краевой угол смачивания между каплей и поверхностью листа. Кроме того, поверхностно-активные вещества могут обладать свойствами антииспарителей, которые снижают скорость высыхания капли, тем самым увеличивая количество проникающего в лист гербицида.

Многие поверхностно-активные вещества, в частности неионогенные, влияют на степень поглощения имидазолинонов растениями. Эффективность действия сурфактантов подтверждена полевыми испытаниями [Shaner, 1991]. Тем не менее, не все поверхностно-активные вещества позволяют повысить эффективность гербицидных препаратов. Некоторые сурфактанты могут подавлять действие гербицидных препаратов, а эффект от их применения может быть крайне неожиданный. Например, катионные поверхностно-активные вещества, вызывают локализованную фитотоксичность в месте контакта за счет снижения интенсивности поглощения имазаметабенз-метила. Сурфактанты такого типа разрушают клеточные мембраны; таким образом, гербицид не может быть захвачен этими клетками для перемещения к месту действия. Пример положительного или отрицательного действия поверхностно активных веществ на гербицидную эффективность показан на

графике (Рис. 4). В качестве неионогенного ПАВ был выбран IGEPAL DM-710 (этоксилированные нонилфенолы), ряд катионных ПАВ представлен этоксилированными алкиламинами: FLO-MO TDA-18, ETOQUAD 18/12, ETHOMEEN S/20.

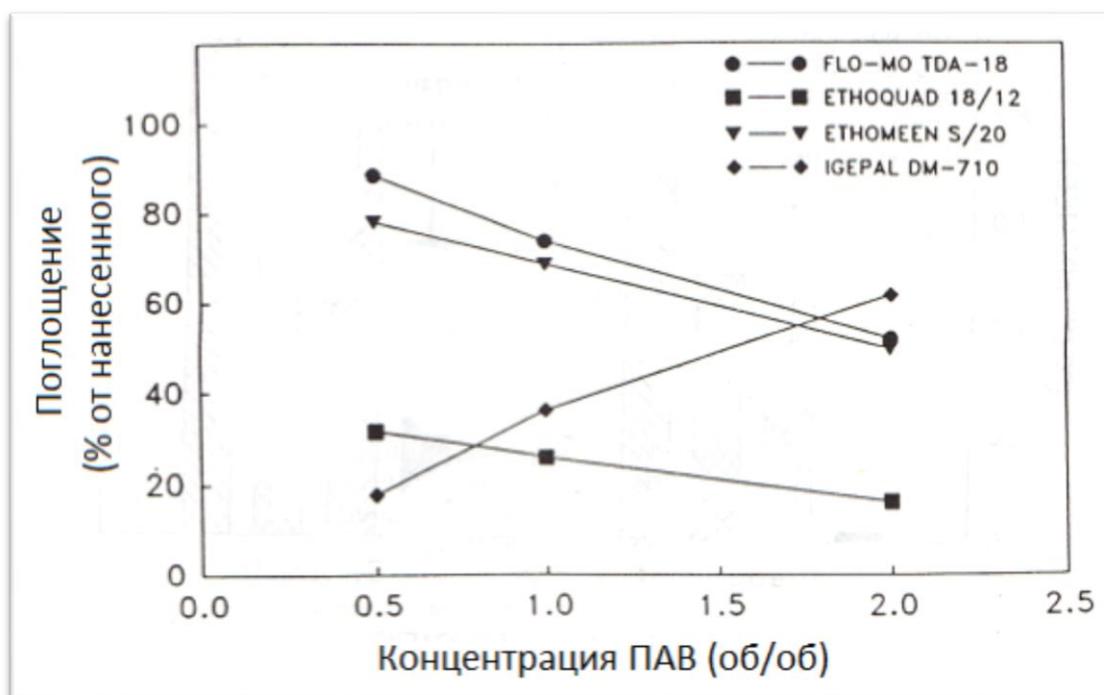


Рисунок 4 – Влияние типа и количества ПАВ на степень поглощения имазаметабенз-метила (D.L. Shanner, S.L. O'Connor, 1991).

Помимо включения поверхностно-активных веществ в препаративную форму, возможно их применение в баковых смесях. Добавление адъювантов обеспечивает повышение эффективности препарата при его использовании [McWhorter, 1985], за счет ранее описанных эффектов (стр. 42), без влияния на характеристики препаративной формы.

Другой тип модификации действующего вещества, позволяющий повысить его гербицидную активность, заключается в приготовлении солей имидазолинонов. Соли, предположительно, медленнее кристаллизуются из рабочего раствора, что, при высыхании капли, позволяет оставаться гербициду в растворе в течение более длительного периода. Помимо поверхностно-активных веществ, на степень поглощения может влиять и различие катиона в молекулах солей имидазолинонов. В одном из исследований сахарный

тростник был обработан двумя видами солей имидазолинона (натриевой и кальциевой) в присутствии различных концентраций неионогенного поверхностно-активного вещества. Полученные результаты показывают, что увеличение концентрации поверхностно-активного вещества до 0,25 объемных процентов увеличивают степень поглощения, а соль Na^+ поглощается интенсивнее, чем соль Ca^{2+} (Рис. 5). Таким образом, было показано, что для увеличения гербицидной активности имидазолинонов, помимо использования неионогенных поверхностно-активных веществ, необходимо подбирать катион для молекул гербицида.

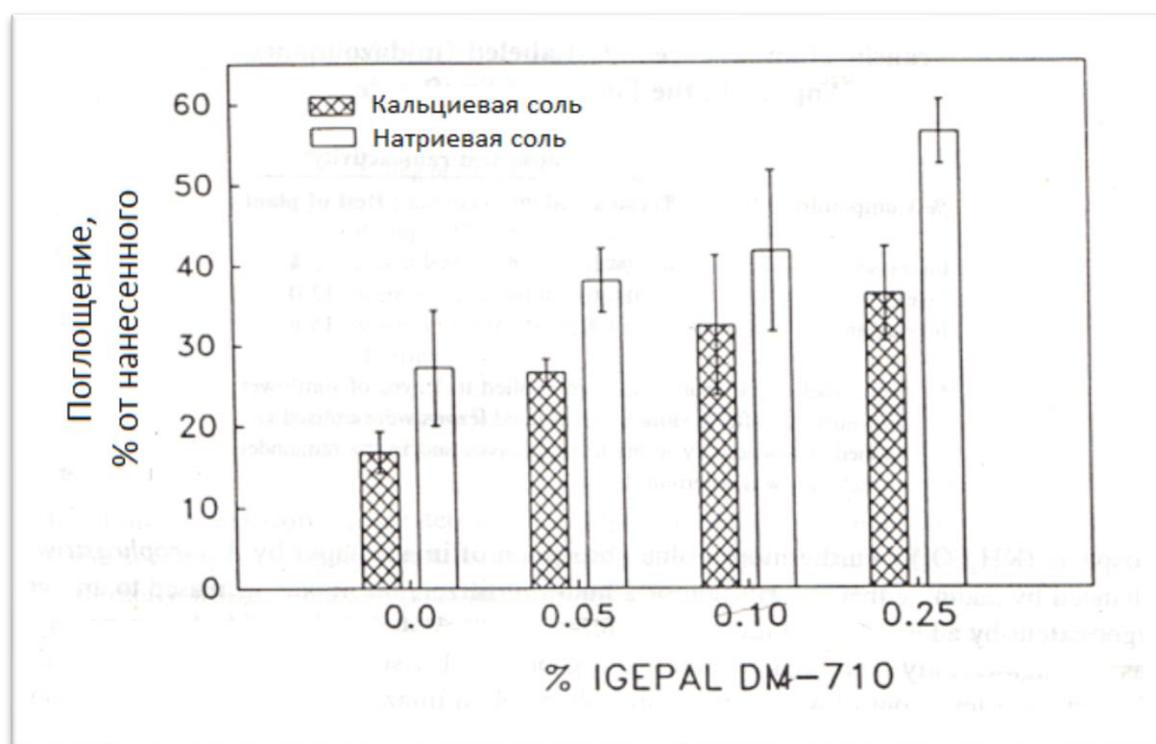


Рисунок 5 – Поглощение кальциевой и натриевой соли имзапира (D.L. Shanner, S.L. O'Connor, 1991)

Хотя механизм действия полностью не изучен, некоторые удобрения, применяемые в баковых смесях с имидазолинонами, увеличивали их биологическую эффективность. Например, чувствительность у вьюнка (*Ipomoea lacunose*) к имзаквину и имзетапиру повышалась с добавлением сульфата аммония ($[\text{NH}_4]_2\text{SO}_4$) или фосфата калия (KH_2PO_4) [Wills, 1985]. Кроме того, поглощение листьями имзетапира канатником (*A. theophrasti*)

было усилено путем добавления поверхностно-активного вещества или жидкого удобрения, а добавление обоих компонентов повышало эффективность еще больше, чем добавление одного из них (Рис. 6). Однако, при добавлении одного из компонентов (поверхностно-активного вещества или удобрения) гербицидная активность имазетапира против щетинника (*Setaria viridis*), практически не менялась, но значительно возрастала, когда добавляли оба компонента. Таким образом, эффективное подавление гербицидом сорных растений канатника (*A. theophrasti*) и щетинника зеленого (*S. viridis*), было достигнуто путем добавления жидких удобрений в баковые смеси препарата и поверхностно-активного вещества.

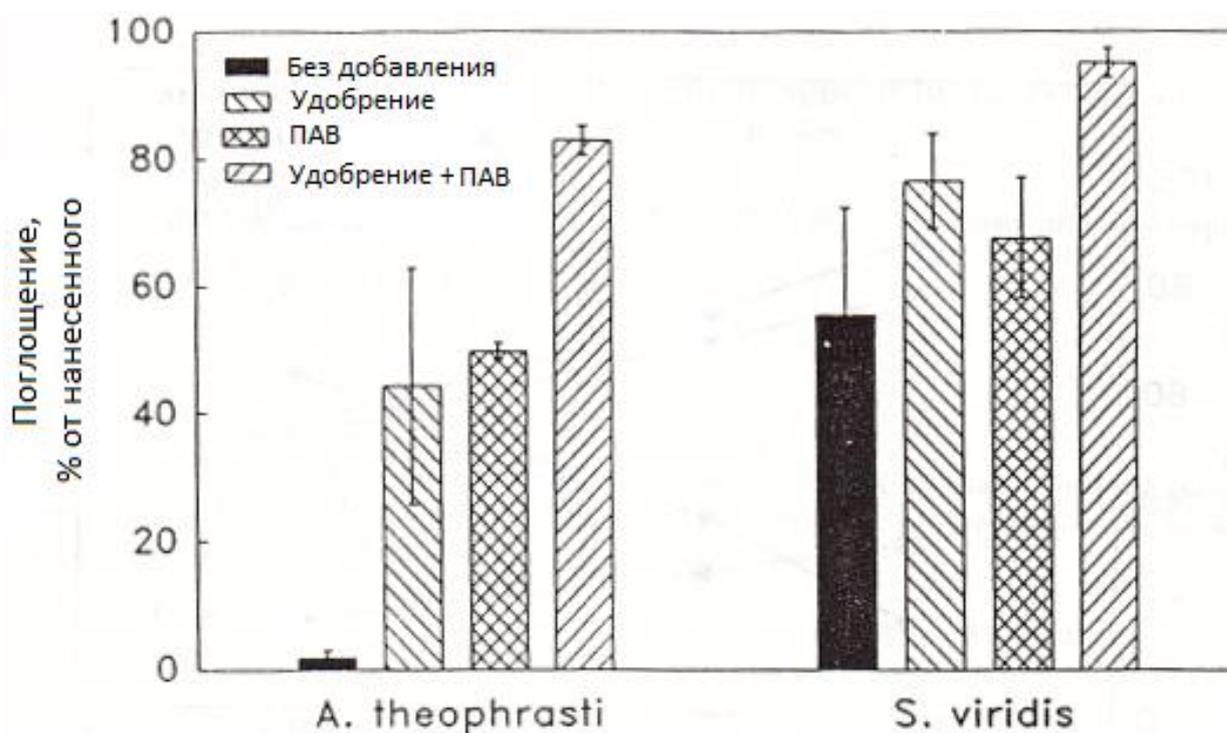


Рисунок 6 – Влияние ПАВ и удобрения на поглощение листьями действующего вещества (D.L. Shanner, S.L. O'Connor, 1991).

Помимо поверхностно-активных веществ и неорганических удобрений, на эффективность имидазолинонов в растении может влиять деятельность других гербицидов. В исследовании комбинаций имазаметабенз-метила и пропанила (баковая смесь для определения проблем совместимости), было выявлено, что перемещение имидазолинона, применяемого в комбинации с пропанилом, от обработанного листа не происходит, в отличие от

индивидуального применения препарата (Табл 7). Причина отсутствия подвижности комбинации гербицида связана с механизмом действия пропанила. Пропанил – ингибитор фотосинтеза, он вызывает локализованное повреждение обрабатываемых листьев. Транспорт углеводов нарушается вследствие остановки фотосинтеза и возникает препятствие перемещению гербицида по флоэме. Подобный подавляющий эффект возникает, если использовать баковые смеси имазапира с паракватом, еще одним ингибитором фотосинтеза.

Однако, даже в отсутствии другого гербицида, способность имидазолинонов перемещаться по флоэме снижается в, среднем, на 3 – 5 день после обработки. К примеру, при обработке имазапиром сорго аллепского (*Sorghum halepense*), перемещение гербицида по флоэме прекращается на 5 день после обработки (Табл. 4).

Таблица 4 – Перемещение и метаболизм имазаметабенз-метила (^{14}C) в овсяге при применении как единично, так и комбинации с пропанилом. (D.L. Shanner, S.L. O'Connor, 1991)

Применяемый при обработке образец	Контроль, день после обработки	Перемещение от листьев	Метаболизм имазаметабенз-метила		
			% имазаметабенз-метила	% кислотного остатка	% остальных компонентов
Проба включающая имазаметабенз-метил	2	0,67	86,3	8,0	5,7
	4	0,40	58,8	7,6	33,6
Проба включающая имазаметабенз-метил + пропанил	2	0,00	97,8	1,7	0,6
	4	0,00	96,7	1,0	2,4
имазаметабенз-метил контроль	-	-	97,4	0,6	2,1

Во всех случаях обработанные листья не имели видимых повреждений, типа хлороза, и были способны осуществлять процесс фотосинтеза. Но если

фотосинтез возможен, почему прекращается передвижение? Объяснением этого явления, является механизм действия имидазолинонов, который и является фактором, ограничивающим перемещение молекул этого класса. Devine с коллегами обнаружили, что перемещение сульфонилмочевин (класс соединений обладающих подобной имидазолинонам гербицидной активностью) из обработанных листьев гречихи (*Fagopyrum tataricum*) связано с присутствием в обработанном растении аминокислот с разветвленной цепью (Devine, 1987). Недостаток этих аминокислот, вызванный действием гербицида, приводит к замедлению и остановке образования меристематических тканей, что приводит к потере прочности каналов, по которым передвигаются молекулы гербицида. Для чистоты эксперимента, гербицидные эффекты имидазолинонов были устранены. Обработываемые растения были дополнительно насыщены аминокислотами с разветвленной цепью, чтобы восполнить их недостаток, вызванный действием имидазолинонов на ацетолактат-синтазу. При внесении валина, изолейцина и лейцина к корням подсолнечника, листовое поглощение и перемещение имазаквины усиливалось, в сравнении с необработанными аминокислотами растениями. Эти результаты показывают, что недостаток аминокислот препятствует перемещению молекул гербицида, и подтверждает теорию о том, что имидазолиноны подавляя рост меристемных тканей ограничивают собственную подвижность точек роста (Рис. 7).

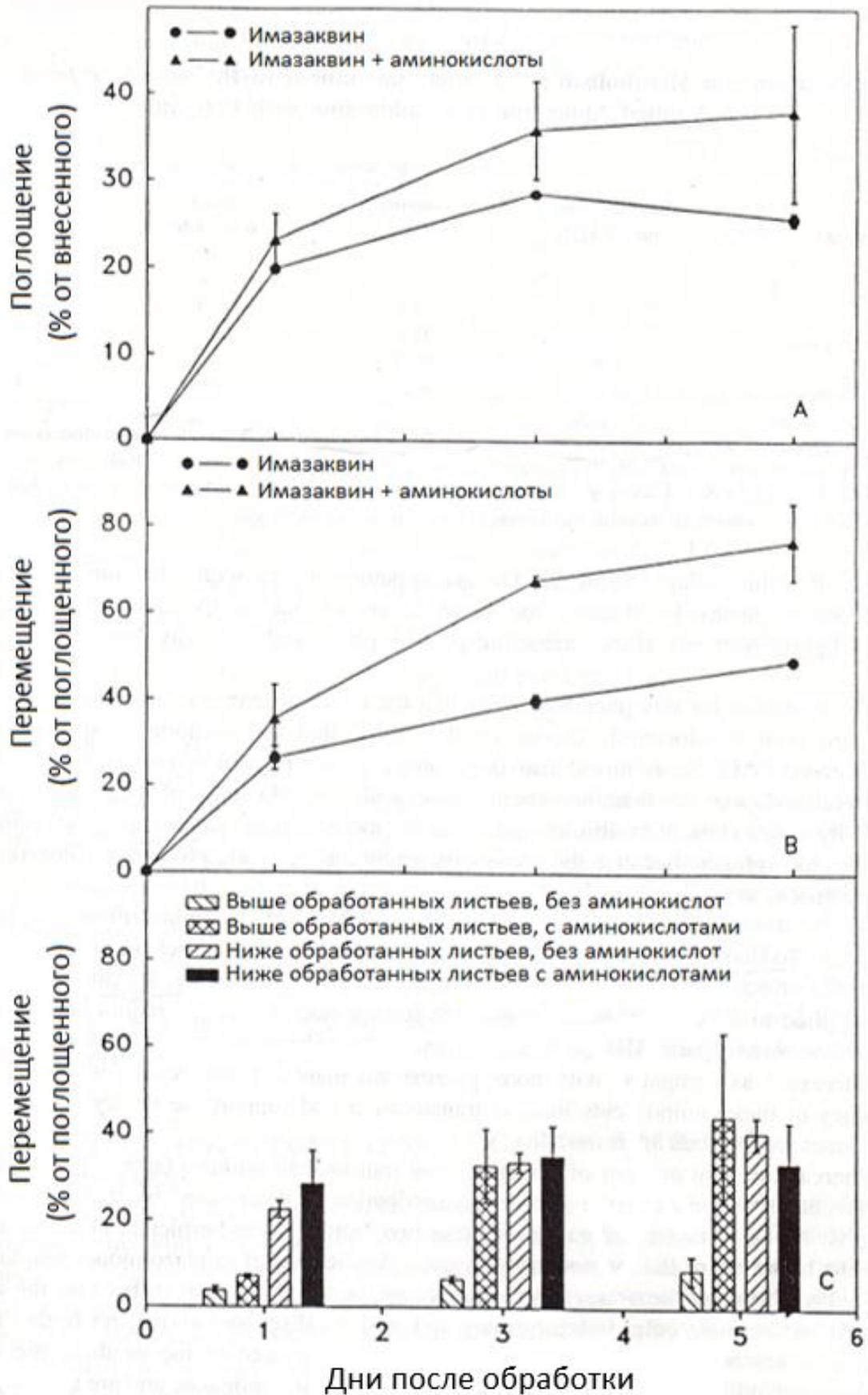


Рисунок 7 – Абсорбция имидазолинонов в растениях (D.L. Shaner, S.L. O'Connor, 1991)

Поскольку перемещение основного количества гербицида в растениях определяется относительной прочностью проводящих тканей, имидазолиноны, подавляя рост стебля растений, могут оставить нетронутыми побеги, позволив им расти дальше. Апикальные меристемы главного стебля являются основными каналами и после их отмирания, как говорилось выше, перемещения по ним не происходит. Другим следствием отмирания апикальной меристемы является то, что она не влияет на меристемы побегов, растущих далее. Фотосинтезирующая способность этих побегов уже не зависит от основного стебля, и, если достигнутой в начале дозы гербицида будет недостаточно, чтобы уничтожить побег до апикальной меристемы, они продолжают развиваться. Поэтому применение имидазолинонов на ранней стадии развития растения будет обеспечивать максимальную эффективность.

Таблица 5 – Поглощение и перемещение после применения на побегах ¹⁴C-меченного имазаметабенз-метила в овсяге.

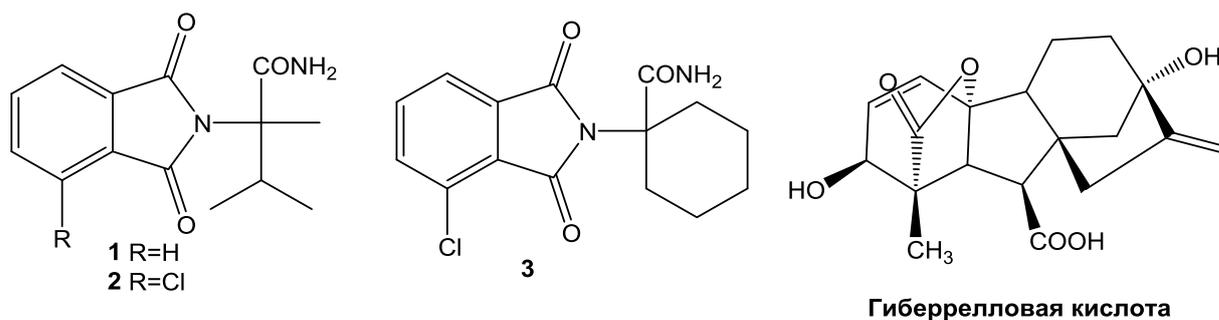
ПАВ добавленный к имазаметабенз-метилу	% поглощенного количества	Подвижность, %, от внесенного количества		
		Общее количество перемещенного ДВ	Перемещение от обработанного листа	Перемещение к побегам
Без ПАВ	22,99	12,74	0,55	0,05
Присутствие ПАВ	85,21	62,71	1,15	0,11
Igeral DM-710 (этоксилированный нонилфенол)	96,93	64,79	1,04	0,11
Tween 20 (полисорбат 20 монолаурат)	85,83	57,84	1,47	0,13

Примеры отсутствия зависимости между побегами и основным стеблем после обработок имидазолинонами показаны в работах Hinshalwood'a [Hinshalwood, 1988]. Добавление поверхностно-активного вещества к рабочему раствору имазаметабенз-метила, при обработке овсяга, увеличило общее количество поглощенного имидазолинона в листьях, но не усилило его

способность перемещаться, в том числе и к побегам (Табл. 5). Эти результаты показывают, что повышение эффективности гербицидов имидазолинонового ряда может быть достигнуто за счет увеличения, перемещающегося по меристемам побегов, количества имидазолинонов, либо путем изменения относительной прочности каналов, обеспечивающих оптимальное размещение гербицидов в растениях.

1.8. Имидазолиноны

Открытие гербицидов имидазолинонового ряда началось с биологического скрининга замещенных фталимидов (**1** и **2**), у которых была обнаружена гербицидная активность [Diehl, 1977]. Это положило начало синтезу и исследованиям замещенных фталимидов [Los, 1980].



Оказалось, что полученный в ходе исследований циклогексилзамещенный фталимид **3** обладал свойствами стимулятора роста, подобно гибберелловой кислоте. Это привело к началу интенсивных полевых испытаний соединения **3** на ряде важнейших агрокультур. Потребность в значительном количестве вещества **3** для испытаний обусловила необходимость разработки различных методов его получения. Один из методов заключался в циклизации соединения **4** под действием трифторуксусного ангидрида. Однако данная реакция вместо ожидаемого продукта **3** привела к образованию имидазоизоиндола **5**, который также обладал рострегулирующей активностью (Рис. 8).

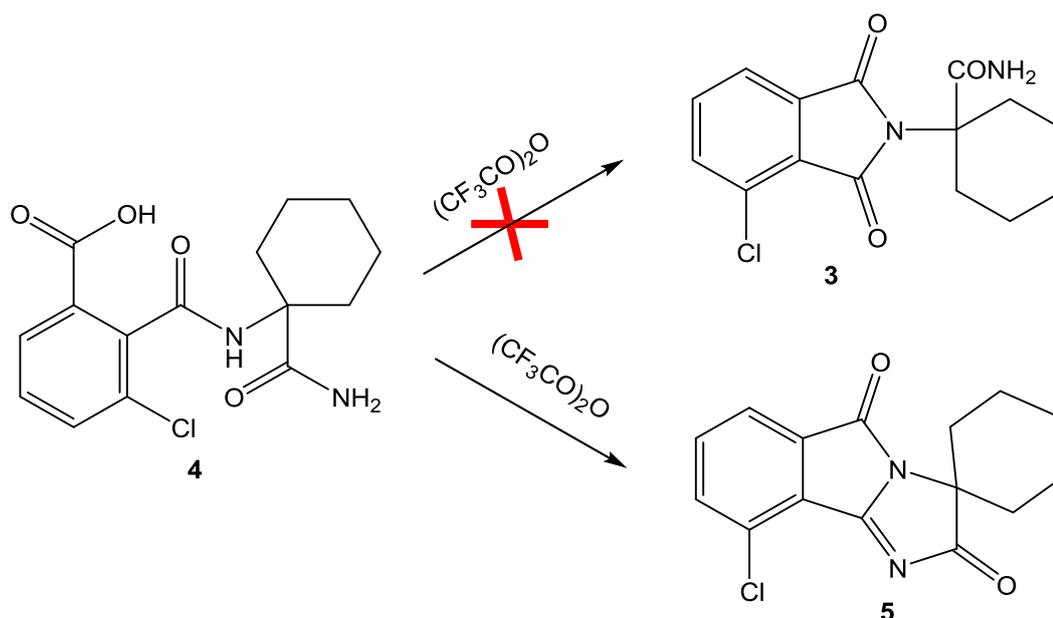


Рисунок 8 – Реакция соединения **4** с трифторуксусным ангидридом
[Los, 1978]

Дальнейшее изучение гербицидной и рострегулирующей активности класса имидазоизоиндолов показало, что алкилзамещённый имидазоизоиндол **6** обладает гербицидными свойствами, особенно в отношении многолетних сорняков [Los, 1978]. Стереизомеры **7a** и **7b**, полученные восстановлением соединения **6**, также показали хорошую гербицидную активность (Рис. 9. Los, 1987).

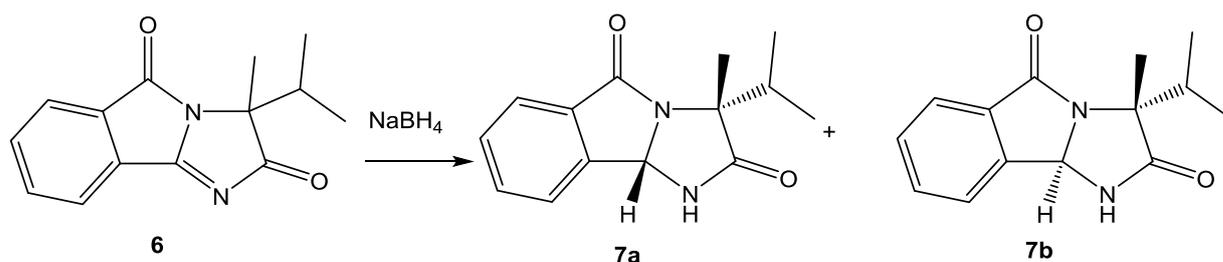


Рисунок 9 – Восстановление алкилзамещенного имидазоизоиндола **6**
боргидридом натрия.

В дальнейшем было обнаружено, что имидазоизоиндолы, аналогичные соединению **6**, вступают в реакцию со спиртами, тиолами и аминами по иминной двойной связи с образованием группы продуктов **8**, каждое соединение которой так же проявляет гербицидную активность (Рис. 10. Los, 1977).

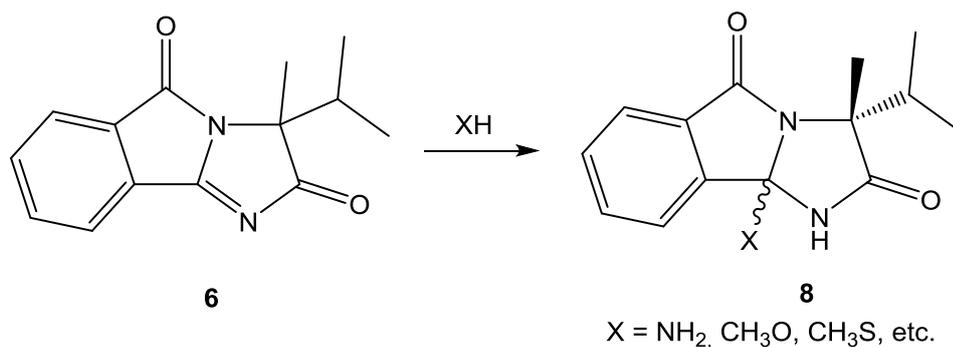


Рисунок 10 – Реакция соединения **6** с аминами, спиртами, тиолами и подобными им соединениями.

Изучение процессов восстановления имидазоизоиндола **6** привело к получению имидазолинонов – соединение **9** (Рис. 11. Los, 1985).

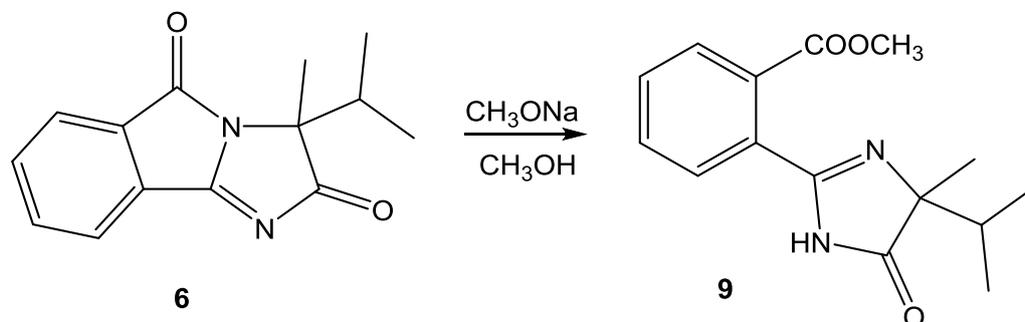


Рисунок 11 – Восстановление имидазоизоиндола **6** метилатом натрия

Полученный имидазолинон **9** обладал ярко-выраженной гербицидной активностью, на порядок превышающей активность соединения **6**. Этот результат способствовал более глубокому и детальному изучению соединений имидазолинонового ряда [Los, 1984], общий вид которых представлен на рисунке 12.

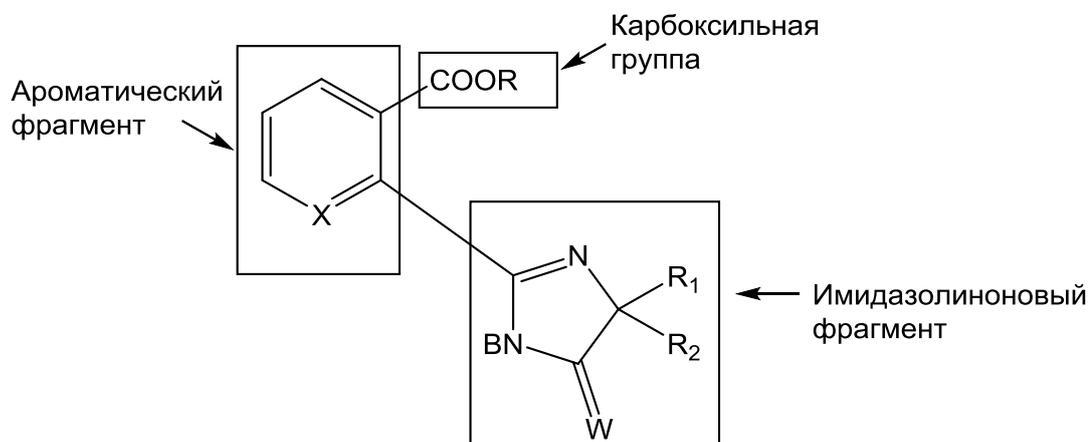


Рисунок 12 – Структура имидазолинонов

Изучая взаимное расположение основных структурных элементов в молекуле относительно друг друга, было выяснено, что биологической активностью обладают молекулы, где карбоксильная группа и имидазолиновый фрагмент расположены в *орто*-положении (имазапир) в отличие от его неактивного изомера **10** (Рис. 13).

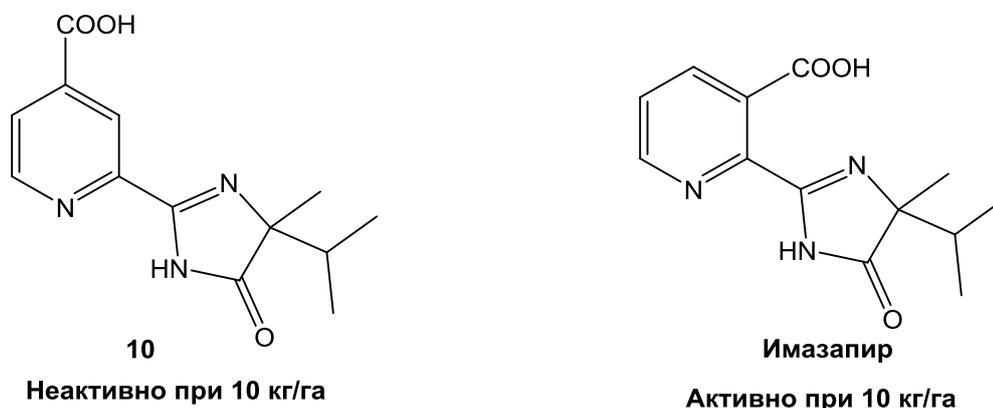


Рисунок 13 – Зависимость гербицидной активности от положения карбоксильной группы в молекуле имидазолинонов

Замещение карбоксильной группы на эфирную, которая легко превращалась *in vivo* в карбоксильный фрагмент (например, посредством гидролиза), также приводило к получению активных гербицидов (бензиловые, фурфуроловые, пропаргиловые и метоксиэтиловые эфиры имидазолинонов). Соли ($R = \text{COO}^- \text{M}^+$) имидазолинонкарбоновых кислот в целом эквивалентны самим кислотам по активности, что используется при создании препаративных форм. Отсутствие карбоксильной группы приводило к образованию неактивных соединений (Рис. 14).

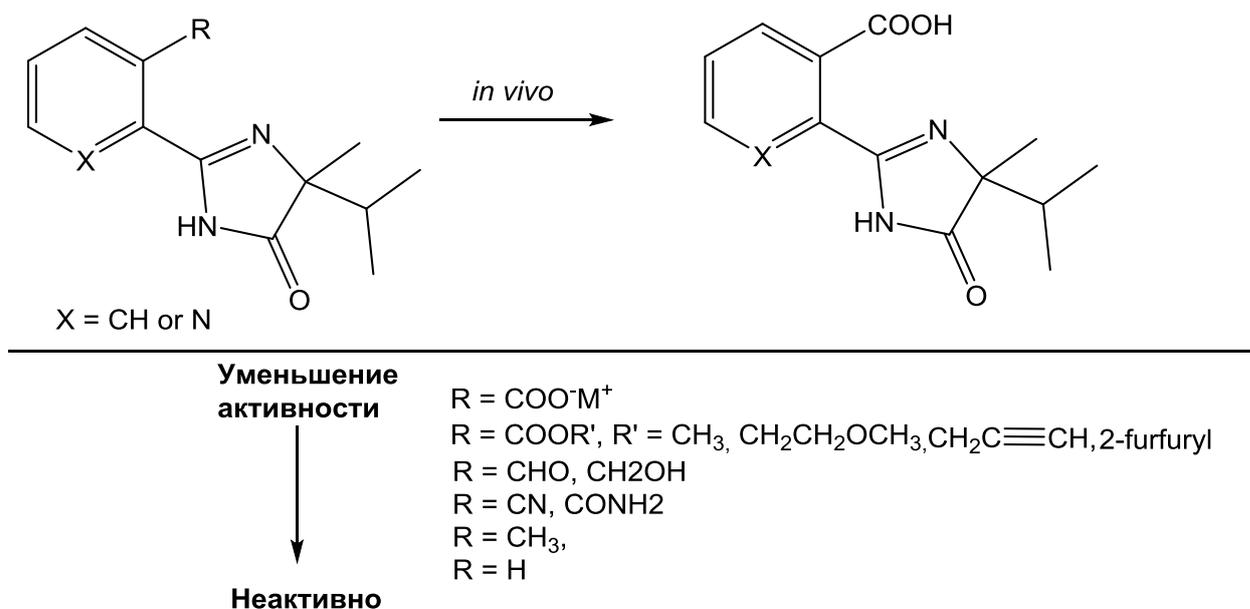


Рисунок 14 – Влияние заместителя в ароматическом фрагменте имидазолинонов на биологическую эффективность

Природа заместителей в имидазолиновом кольце и их расположение также влияют на уровень активности молекул. Однако, несмотря на синтез многих аналогов, сочетание метилового и изопропилового заместителей в имидазолиновом кольце оказалось наиболее существенным с точки зрения активности. Значительное понижение активности при замене метильной группы на этильную показывает чувствительность стерических требований к этой части молекулы. Активность различных производных имидазолинонов при замене алкильных заместителей в имидазолиновом фрагменте показана на Рисунке 15.

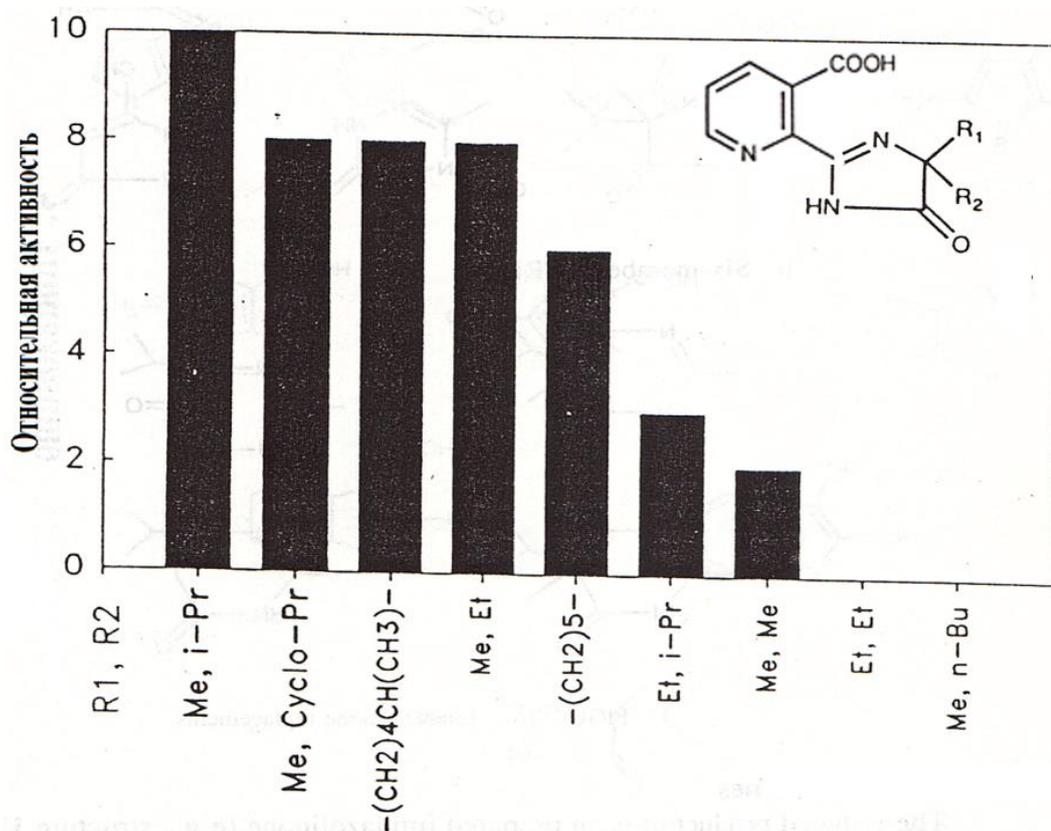
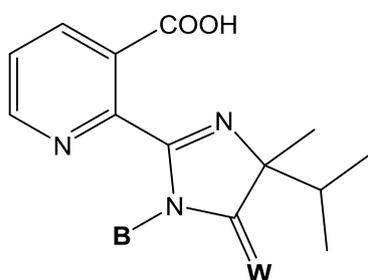


Рисунок 15 – Сравнение активности соединений при различных заместителях в имидазолиновом цикле (D.L. Shanner, S.L. O'Connor, 1991)

Другим элементом, отвечающим за проявление гербицидных свойств, является наличие в составе имидазолинового фрагмента карбонильной или тиокарбонильной группы ($W = O, S$). Замещение карбонильной группы на иминогруппу приводило к значительному ухудшению активности. Полное удаление карбонильной группы приводило к неактивному соединению (Рис.16).



$W = O$	Активно
$W = S$	Активно
$W = NR'$	Неактивно
$B = R, R = \text{Алkil}$	незначительная активность либо ее отсутствие
$B = RC(O)$	Активно
$B = ArC(O)$	Активно
$B = RSO_2$	Активно
$B = ArSO_2$	Активно
$B = H$	Активно

Рисунок 16 – Влияние заместителей в имидазолиновом фрагменте на биологическую активность молекулы (D.L. Shanner, S.L. O'Connor, 1991)

На том же рисунке 16 представлены результаты биологической эффективности для соединений, замещенных по атому азота имидазолинонового цикла (заместитель «В»). Так, наличие алкильного заместителя приводит к ухудшению гербицидной активности. Однако, соединения с легко удаляемыми группами являются активными, и поэтому N-ацилированные активнее N-алкилированных аналогов. Сульфонилирование азота приводит к образованию соединений, схожих по гербицидным свойствам с N-ацил производными.

Помимо заместителей в имидазолиноновом фрагменте присутствует двойная связь, которую можно восстановить и изучить эффективность таких соединений. Восстановленный продукт каждого имидазолинона (например, структура А, Рис. 17) имеют приблизительно такую же или чуть более низкую активность, чем исходное соединение. Предположительно, эти соединения являются прогербицидами, активирующимися при *in vivo* окислении.

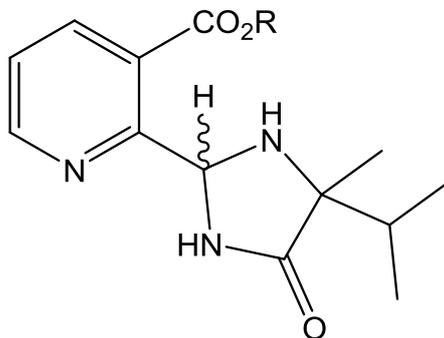


Рисунок 17 – Структура А, восстановленный продукт имидазолинона

Изучен был также ароматический фрагмент молекулы имидазолинона (Рис. 12). Первоначальные соединения с бензольным кольцом по своим свойствам имели преимущество в эффективности в сравнении с соединениями, имеющими в качестве ароматического фрагмента пятичленные циклы, представленные на рисунке 18.

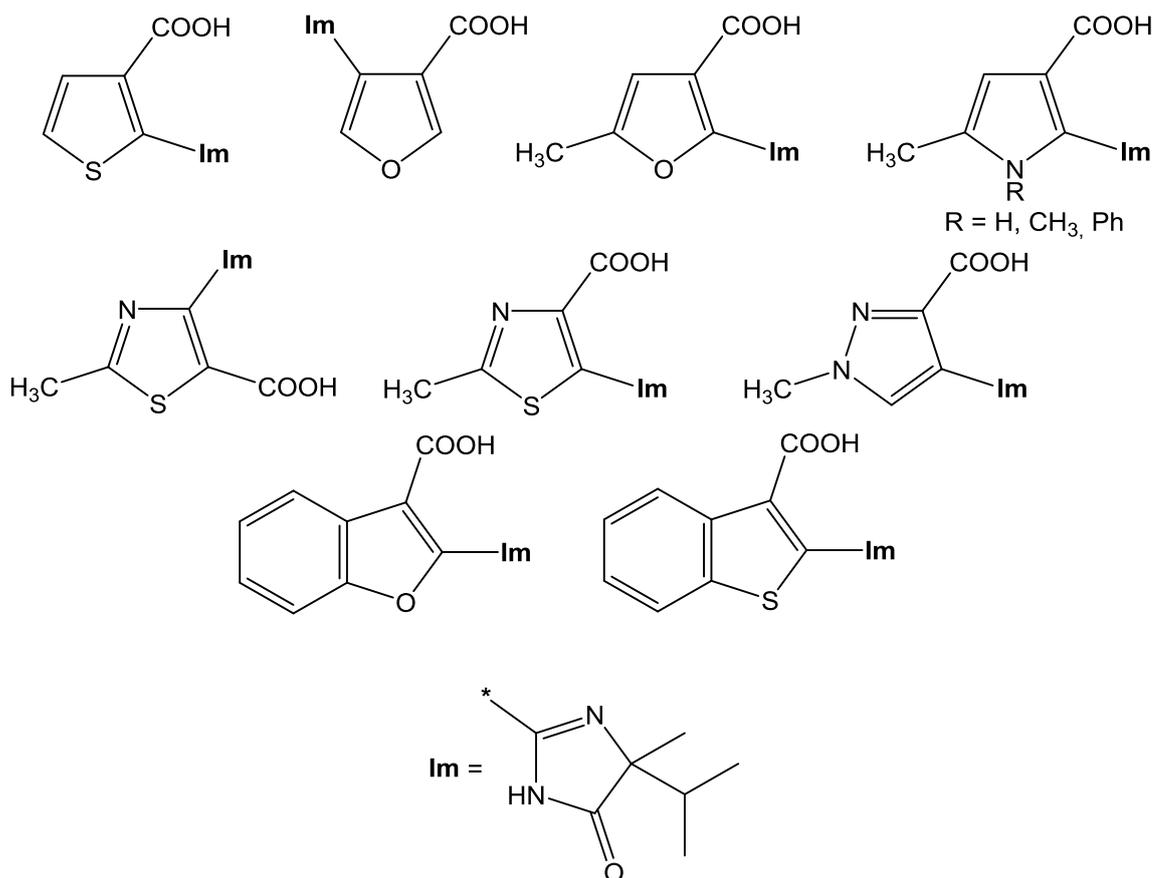


Рисунок 18 – Варианты ароматического фрагмента в молекулах имидазолинонов (D.L. Shanner, S.L. O'Connor, 1991)

Поэтому в дальнейшем особое внимание уделялось изучению соединений с шестичленными ароматическими фрагментами. Синтезированные и изученные имидазолиноны с шестичленными гетероциклами представлены на рисунке 19. И, действительно, соединения с пиридиновым циклом показали наилучшую активность, в десять раз большую по сравнению с соединением с бензольным циклом. Положение азота в пиридиновом цикле относительно имидазолинона и карбоксильной группы также сказывалось на активности молекулы. Имазапир (стр. 51) был примерно в десять раз активнее, чем его изомеры а, б и с (Рис. 19). Пиридазиновая система **11** была лучшей по показателям активности среди гетероциклов с двумя атомами азота. Гетероциклы с двумя атомами серы (**12a** и **12b**) также показали заметную активность.

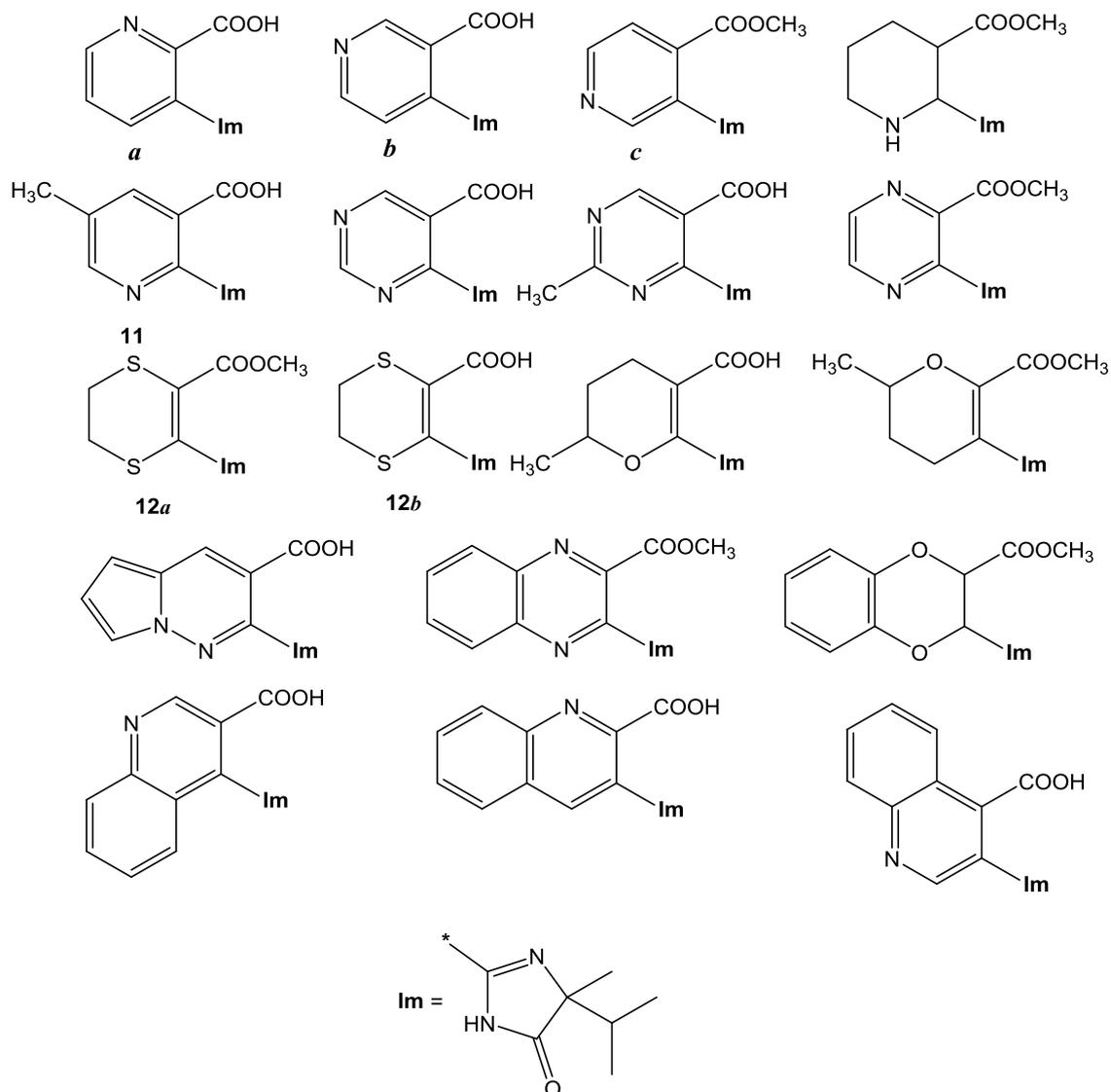


Рисунок 19 – Серия исследуемых имидазолинонов с различными замещенными шестичленными гетероциклами
(D.L. Shanner, S.L. O'Connor, 1991)

Наличие конденсированных гетероциклов в ароматическом замещенном фрагменте, также приводило к соединениям с хорошей активностью **13** (Рис. 20).

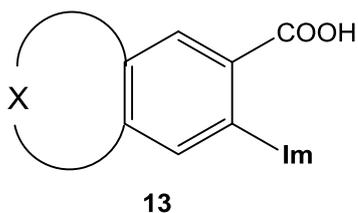


Рисунок 20 – Общая структура имидазолинонов конденсированных с ароматическим фрагментом

Серия соединений **14** с бензольным фрагментом, была синтезирована первой (Рис. 21). Было изучено влияние заместителей в четырех незамещенных положениях кольца (3, 4, 5, 6) на активность полученных соединений. В целом, влияние для электроноакцепторных заместителей вне зависимости от их положения приводило к потере активности. В то же время, соединения с электронодонорными группами (например, метоксильными) особенно в положении 3, оказались активными. Введение же различных объемных заместителей в положение 6 сопровождалось ухудшением активности.

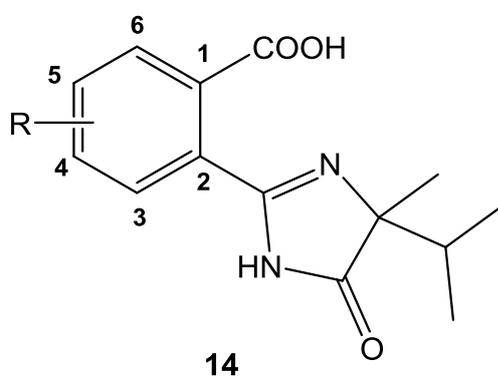


Рисунок 21 – Соединения класса имидазолинонов с заместителями по ароматическому фрагменту, общая структура.

На примере двух метилированных изомеров (Рис. 22), имазаметабенз-метила, можно проследить влияние положения заместителей на гербицидную активность. 5-метил (*мета*) изомер показывает хорошую активность против овсяга и лисохвоста, но плохую против горчицы полевой. С другой стороны, горчица полевая довольно чувствительна к 4-метил (*пара*) изомеру, а овсяг и лисохвост к нему устойчивы. В этом случае, смесь двух изомеров проявляет активность к достаточно большому ряду сорной растительности.

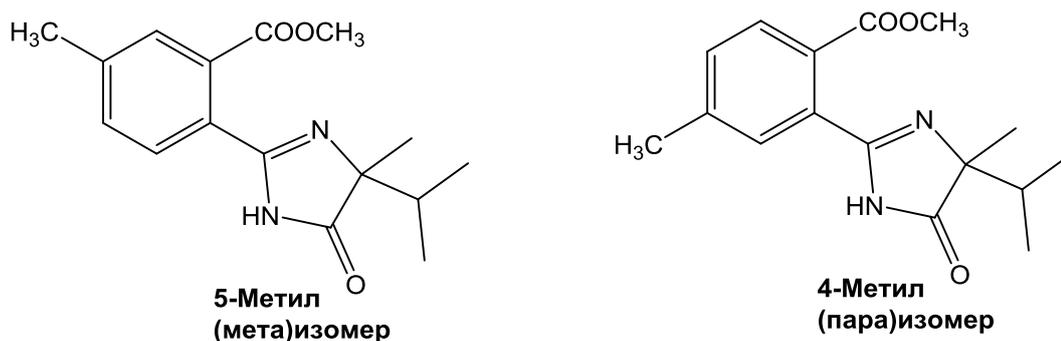


Рисунок 22 – Структуры изомеров имазаметабензметила

По аналогии с бензольным фрагментом, введение заместителей в положение 4 (*ortho* к кислотной группе) в пиридиновых производных, например, имазетапире, тоже снижало активность соединений. С другой стороны, группы в положениях 5 и 6 в зависимости от их природы иногда приводили к улучшению активности. Например, введение алкильного заместителя в положение 5 приводило к образованию особенно активных соединений.

Замещение по атому азота позволяет получить четвертичные пиридиновые соли **15**, не обладающие активностью, и N-оксиды **16** (Рис. 23), несколько более активные при до- и послевсходовом применении. Возможно, этот эффект связан с восстановлением N-оксида в почве до исходного пиридинового производного.

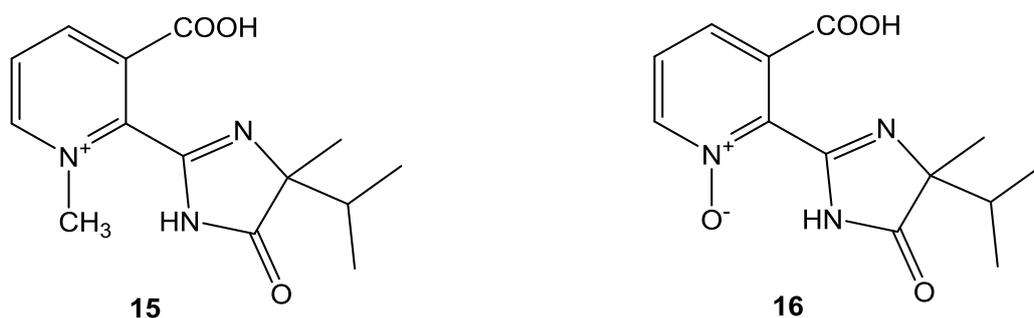


Рисунок 23 – Продукты реакции имидазолинонов по пиридиновому азоту молекулы.

Некоторые имидазолиноны с конденсированными пиридиновыми фрагментами были также изучены. Хинолиновое производное – имазаквин – хотя и имел меньшую активность, чем его пиридиновый предшественник, но

обладал высокой селективностью к сое и был коммерциализирован в виде препарата «Scepter». Далее было проведено интенсивное изучение гербицидных свойств, замещенных хинолинсодержащих имидазолинонов, и некоторые результаты приведены на рисунке 24.

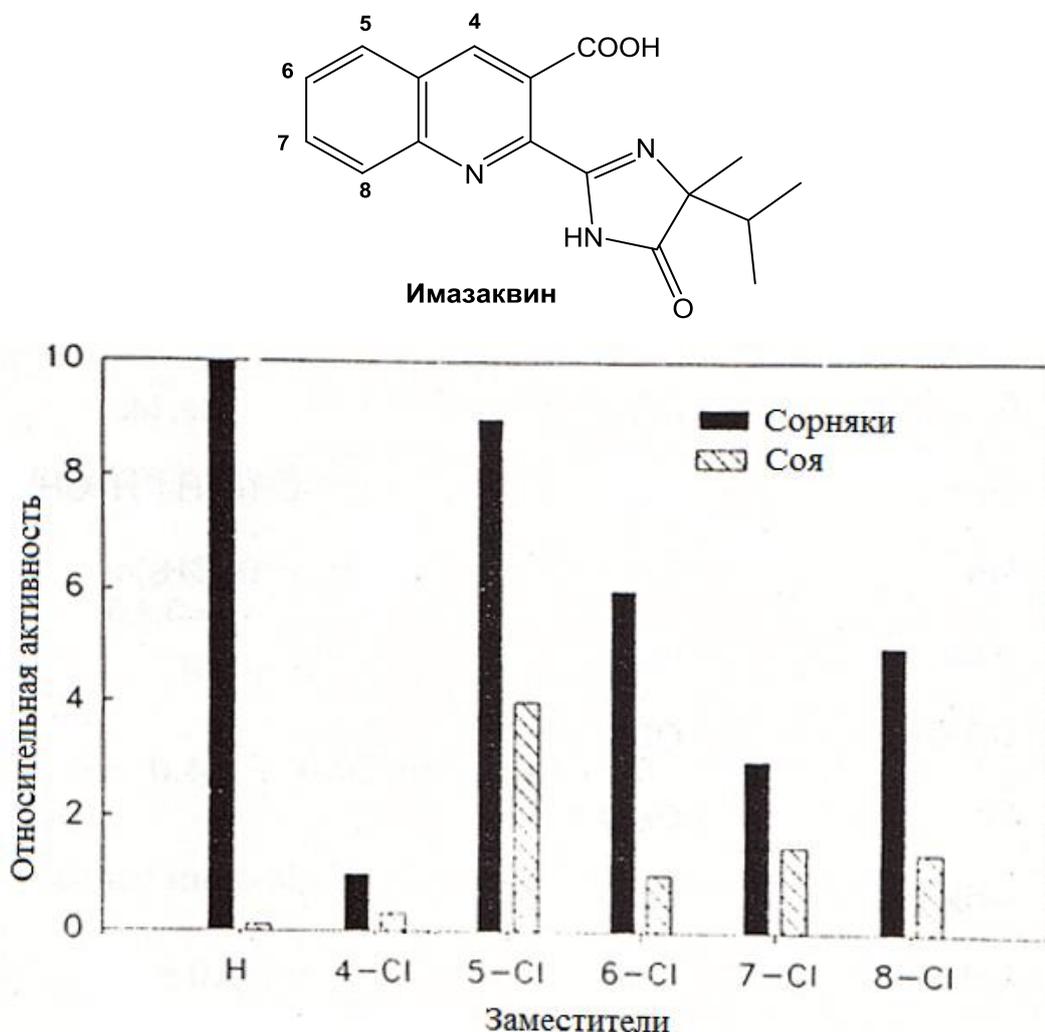


Рисунок 24 – Влияние заместителей в хинолиновом фрагменте на активность имидазолинонов (D.L. Shanner, S.L. O'Connor, 1991)

Сравнение гербицидных свойств в случае хлорпроизводных заместителей показало, что лучше вводить галоген в положение 5 или 6. Из группы соединений, замещенных по положению 6, фторированный аналог оказался схожим с имазаквином по своей активности, но был более фитотоксичен к сое (Рис. 25).

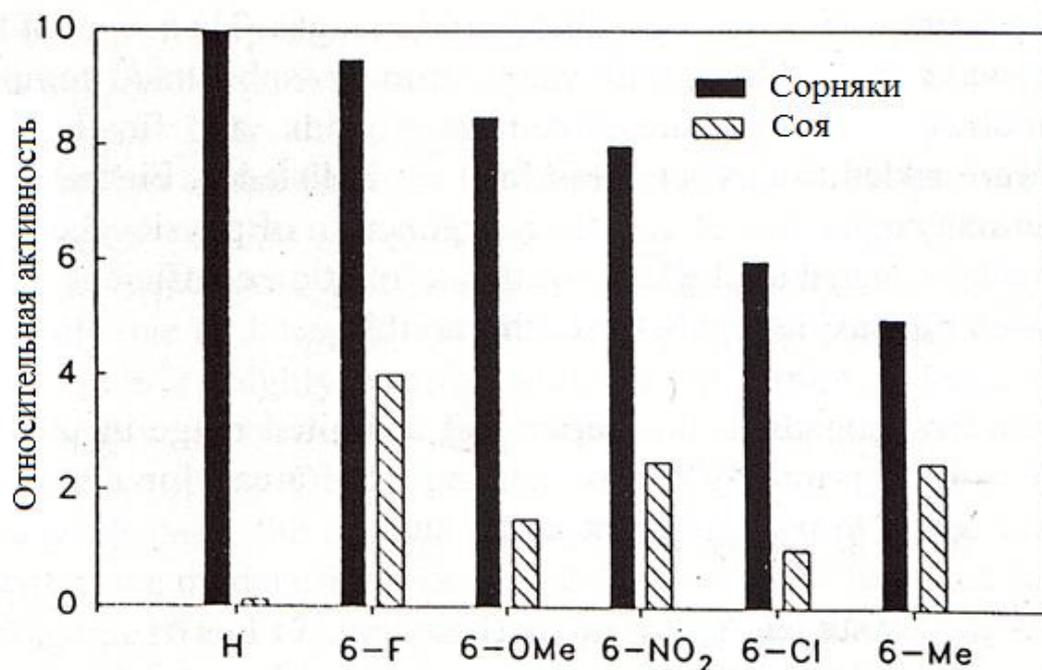


Рисунок 25 – Активность 6-замещенных хинолинсодержащих имидазолинонов (D.L. Shanner, S.L. O'Connor, 1991)

По всей видимости, причиной селективности имидазолинонов к устойчивым видам растений является их быстрая детоксикация в процессе метаболизма. Существует, как минимум, два пути детоксикации: разрушение самого имидазолинового кольца и гидроксילирование боковых алкильных групп. На рисунке 26 показано отличие путей метаболизма имазабенз-метила в пшенице и сопутствующих сорняках. Две структурные особенности – метиловый эфир и метильная группа при бензольном кольце – способствуют достижению селективности, пригодной для коммерческого использования препарата. В таких сорняках, как овсюг, быстро происходит гидролиз сложного эфира до фитотоксичной кислоты, а в пшенице этот процесс идет гораздо медленнее. С другой стороны, в пшенице быстрее идет гидроксילирование метильной группы при бензольном кольце, приводящее к детоксификации имазабенз-метила.

Имазапир и другие 5-алкилированные пиридиновые производные имидазолинонов также претерпевают гидроксילирование алкильной группы, но этот процесс быстрее идет в сое. С другой стороны, имазакин быстро метаболизируется в сое с образованием большого количества веществ, не

имеющих в структуре имидазольного цикла. Метаболизм других соединений с хинолиновым фрагментом также сопровождается раскрытием цикла. В то же время было показано, что чувствительность сорняков к имазакину зависит от скорости метаболизма в различных видах, причем, чем быстрее метаболизм, тем более чувствительно растение к препарату.

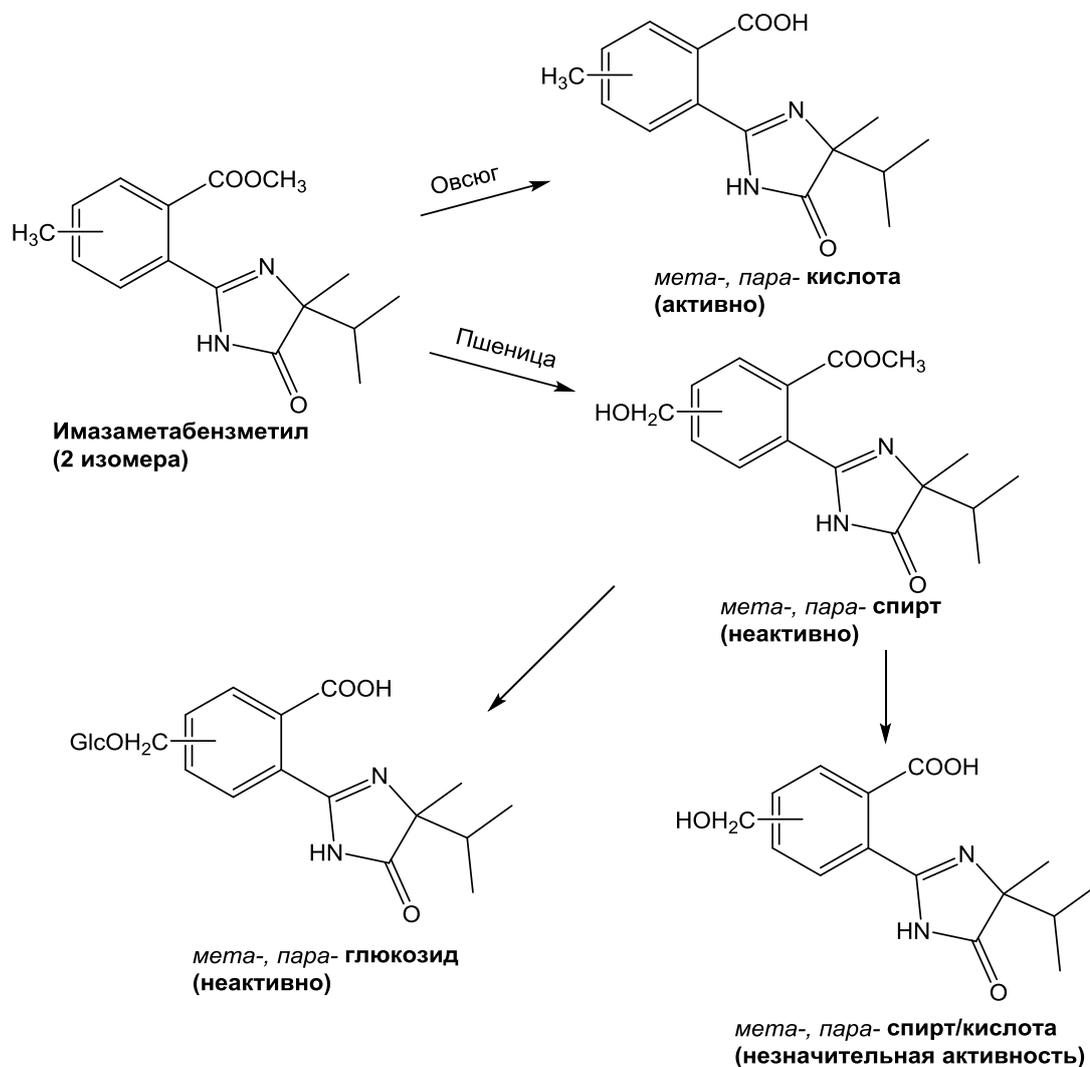
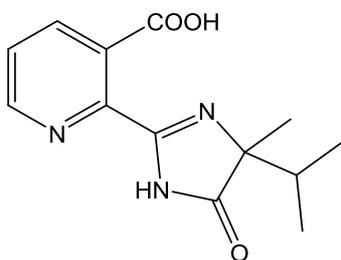


Рисунок 26 – Пути метаболизма имазаметабенз-метила

В ходе работ по исследованию соединений имидазолинонового класса было изучено, какие фрагменты молекулы и какие заместители у этих фрагментов обеспечивают высокую биологическую активность молекулы. Были изучены также причины селективности некоторых соединений, механизмы действия и инактивации гербицида в устойчивых растениях. Результатом этих исследований стала коммерциализация ряда соединений, как селективных, так и сплошного действия. Это имазапир, имазетапир,

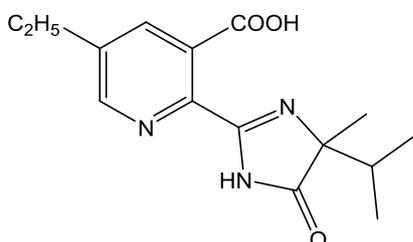
имазаквин, имазапик и имазаметабенз-метил, спектр действия и область применения которых представлена ниже.

Имазапир



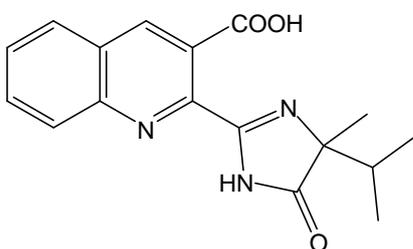
Для уничтожения однолетних и многолетних, однодольных и двудольных сорняков, осоковых, лиан и различных видов древесно-кустарной растительности на сельскохозяйственных землях, промышленных зонах и в лесном хозяйстве.

Имазетапир



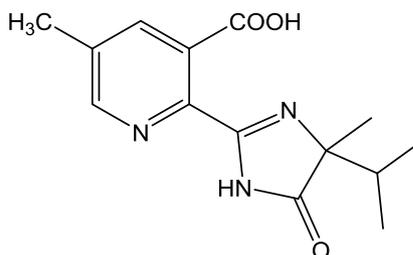
Для борьбы с сорняками в посевах сои и других бобовых культур.

Имазаквин



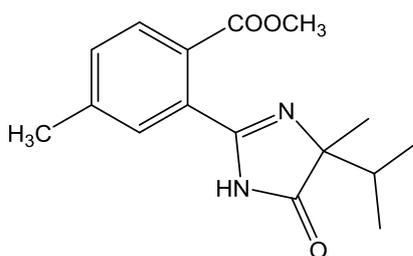
Соя – уничтожение широколиственных сорняков и трав: плевел, паслен, горчица, сорго.

Имазапик



Для несельскохозяйственных земель (вдоль обочин дорог, железнодорожных путей)

Имазаметабенз метил

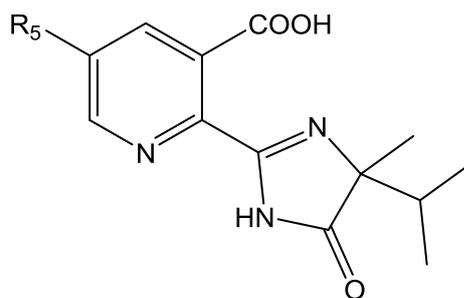


Для борьбы с овсягом, лисохвостом, метлицей и некоторыми широколиственными сорными растениями в посевах пшеницы, ячменя, подсолнечника в послевсходовый период

1.9. Имазамокс

При использовании активных соединений класса имидазолинонов, обнаружилась проблема, связанная с длительным периодом полураспада молекулы и, как следствие, длительного нахождения действующего вещества в почве.

Для изучения поведения остаточного количества действующего вещества при полевых испытаниях в почве после обработки были взяты несколько соединений имидазолинонового ряда. На основании полученных результатов была предложена и реализована программа синтеза ряда соединений. Из этих соединений была отобрана группа наиболее активных имидазолинонов с пониженной гидролитической и метаболической стабильностью. Анализ данных полевых испытаний (Рис. 27) по активности и метаболическим свойствам имидазолинонов позволил выявить эффективность – 5-метоксиметилзамещенный имидазолинон, получивший торговое название имазамокс [Bradly, 1998].



Имазамокс

R₅ = MeOCH₂

R ₅	Относительная активность послеуборочная обработка*	Относительная активность доуборочная обработка*	Период полураспада дни
MeOCH ₂ -	10	8.5	22
Имазамокс			
5,6-benzo	4	4	42
HCO-	2	0	<1
HO ₂ C-	2	0	>20
5,6-пурано[4,3]-	4	4.5	44
HOCH ₂ -	4	3	21
MeSCH ₂ -	2.5	0	1
EtO-	8.5	7	23
MeOCH ₂ CH ₂ O-	8.5	7	15
MeOCH ₂ O-	8	6	4
S-CH ₂ CH ₂ -S-CH-	2.5	2	2
O-CH ₂ CH ₂ -O-CH-	7	5.5	18
MeO-N=CH-	9.5	8.5	25
Me-N-N(Me)-CH-	4	4	<1
(MeO) ₂ CH-	8.5	7	25
MeCO-N-CH ₂ CH ₂ -O-CH-	2	0	>70
(Me) ₂ NCO-N-CH ₂ CH ₂ -O-CH-	2	0	20
MeO ₂ C-N-CH ₂ CH ₂ -O-CH-	2.5	2	>70
MeN-CH ₂ CH ₂ -O-CH-	4	4	<1
(MeO) ₃ CH-	5	4.5	<1
MeO ₂ C-	7	5	<1

* 10 = максимальная активность, 0 = минимальная активность

Рисунок 27 – Активность и персистентность имазамокса и его аналогов

(Bradly, 1998)

Официально имазамокс был зарегистрирован в 2001 году в качестве селективного гербицида, используемого для послевсходовой обработки на злаковых, зернобобовых и Clear field® культурах против однолетних злаковых и двудольных сорняков, а также применяемый против широколиственных сорняков на люцерне.

Существует два основных метода синтеза имазамокса, которые представлены на рисунке 28 [Stetter, 1994]. По первому методу ангидрид 5-метилпиридин-2,3-дикарбоновой кислоты **a** хлорировали N-хлорсукцинимидом до монохлорметилпроизводного **b**, которое в дальнейшей реакции в присутствии триэтиламина приводило к амиду **c**. Далее замещение хлора в молекуле приводит к образованию метоксиметильного производного, которое циклизуется в присутствии щелочи с образованием имазамокса. Второй метод заключается в бромировании диэфира дикарбоновой кислоты **d** с образованием монобромпроизводного **e**. При реакции монобромпроизводного **e** с метилатом натрия получают соединение **f**, которое в условиях нагревания с диамидом в присутствии третбутоксиды калия в толуоле приводит к получению имазамокса [Патенты American Cyanamid Company и BASF; Ciba-Geigy, 1987].

Имазамокс, появившийся сравнительно недавно, успешно зарекомендовал себя в сельском хозяйстве. Гербицидные препараты на основе имазамокса получили широкое применение в защите зернобобовых культур и устойчивых к имидазолиномам гибридов рапса и подсолнечника [Большов, 2016], в том числе на озимых [Большов, 2017]. Имазамокс, как послевсходовый системный гербицид широкого спектра действия для борьбы с однолетними злаковыми и двудольными сорняками, в препаратах используется в виде водного раствора аммонийной соли, реже в виде суспензий. Благодаря способности проникать через корни растений и перемещаться в растении акропетально, обладает почвенным действием [Pester, 2001].

Первые зарегистрированные гербицидные препараты на основе имазамокса – Пульсар, ВР (40 г/л имазамокса) применяемый для защиты сои и гороха (на зерно), и Евро-Лайтнинг, ВРК (33 г/л имазамокса + 15 г/л имазапира), применяемый для защиты устойчивых к имидазолиномам культур, успешно зарекомендовали себя на рынке АПК [Ларина, 2009].

Развитие сельского хозяйства в нашей стране и повышенный интерес к выращиванию устойчивых к имидазолиномам культур сои, гороха, и Clear field® рапса и подсолнечника [Беседин, 2010; Осепчук, 2006], определяют необходимость разработки и внедрения отечественных гербицидных препаратов на основе имазамокса, способных в максимальной степени проявить биологическую эффективность действующего вещества и обеспечить его стабильность при хранении и экологичность при применении [Захаренко, 2007; Спиридонов, 2009].

2. МАТЕРИАЛЫ, МЕТОДЫ И УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1. Материалы, используемые при проведении исследований

Действующие вещества имидазолинонового ряда. Компоненты препарата (поверхностно-активные вещества).

Для определения поверхностного натяжения рабочих растворов модельных образцов препарата в качестве гидрофобной поверхности, имитирующей листовую поверхность, восковый слой, были использованы пластинки Parafilm M (Bemis. US)

Растения:

Горох (*Pisum sativum* L.) сорта: «Фараон», «Красноус», «Таловец 70», «Флагман 9», «Фокор».

Соя (*Glycine gliscine* Max L.) сорта: «Свапа», «Нива 70», «Аннушка», «Бара», «Алтом», «Ланцетная».

Подсолнечник (*Helianthus annuus* L.): гибрид «ЕС Флоримис».

Рапс (*Brassica napus* L.): яровой гибрид «Сальса КЛ», озимый гибрид «Сафран».

Пшеница озимая (*Triticum aestivum* L.) сорт: «Кристалл».

Однодольные сорные растения: просо обыкновенное (*Panicum miliaceum* L.), просо куриное (*Echinochloa crus-galli* L.), щетинник зеленый (*Setaria viridis* L.), щетинник сизый (*Setaria glauca* L.), овсюг обыкновенный (*Avena fatua* L.).

Двудольные сорные растения: яснотка стеблеобъемлющая (*Lamium amplexicaule* L.), оберна бежена (*Oberna behen* L.), неслия метельчатая (*Neslia paniculata* L.), вьюнок полевой (*Convolvulus arvensis* L.), фиалка полевая (*Viola arvensis* Murray), паслен черный (*Solanum nigrum* L.), щирица запрокинутая (*Amaranthus retroflexus* L.), щирица жминдовидная (*Amaranthus blitoides* S. Wats), горец почечуйный (*Polygonum persicaria* L.), горец вьюнковый (*Fallopia convolvulus* L.), марь белая (*Chenopodium album* L.), подмаренник цепкий (*Galium aparine* L.), чистец однолетний (*Stachys annua* L.), горчица полевая (*Sinapis arvensis* L.).

2.2. Методы исследования физико-химических характеристик

Определение физико-химических характеристик и оценка стабильности модельных образцов при хранении.

Оценка стабильности при хранении произведена в соответствии с методиками СИРАС МТ 46 [Dobrat, Martijn, 1995]. Модельные образцы помещали в термошкаф нагретый до температуры +54°C на 14 дней, с целью имитации хранения образца в жарких климатических условиях. После модельные образцы помещали в условия температур: -30°C на 10 дней [Dobrat, 2000], для определения морозостойкости и влияния низких температур. По окончании хранения при температуре: -30°C препарат помещали в термошкаф с температурой +45°C на 60 дней, по истечении времени хранения производили оценку внешнего вида модельных образцов и анализировали их на физико-химические показатели в соответствии с методиками СИРАС и ГОСТ.

Определение показателя водородных ионов. Определение значений pH проводили на pH метре Mettler Toledo Seven Multi [ГОСТ 32385-2013]

Определение стойкости пены рабочих растворов. Стойкость пены рабочих растворов проводили на воде жесткости 6,8452 [ГОСТ 16291-79 п.2], при комнатной температуре, в соответствии с методиками СИРАС МТ 47 [Dobrat, Martijn, 1994].

Определение содержания имазамокса в препарате. Работа выполнена по разработанной ЗАО Фирма «Август» методике.

Определение стабильности водных растворов. Оценку стабильности водных растворов модельных образцов препарата проводили по методике СИРАС МТ 41 [Dobrat, Martijn, 1994].

Определение поверхностно-активных характеристик рабочих растворов. Опыты с модельными образцами производили на приборе Dataphysics OSA15. Измерения осуществляли в условиях одинаковой температуры 22 – 24°C и относительной влажности около 40%. Рабочие

растворы модельных образцов были приготовлены в соответствии с рекомендуемой нормой применения для действующего вещества (30 – 40 г/га) 0,25 – 0,40 л/га. Для каждого экспериментального образца производили не менее 10 измерений (измерение проводили в течение 5 - 10 минут). Для каждой точки высчитывали среднее значение краевого угла смачивания, в момент падения капли на поверхность, значения поверхностного натяжения и максимального объема капли формирующейся без давления – статические величины. Обсчет данных вели в прилагающейся к оборудованию программе, либо в программе MS Office Excel.

2.3. Методы статистической обработки

Лабораторные опыты. Учет результатов опыта по изучению гербицидной активности препарата проводили путем срезания надземных частей растений, взвешивания и сравнения процента отклонения биомассы обработанных вариантов от контроля. В качестве интегральной характеристики реакции растений к действию гербицидов использовали величину ED₅₀ (эффективная доза препарата в г/га, снижающая массу растений на 50% по сравнению с контролем). Расчеты проводили методом пробит-анализа, программы MS Office Excel, «R». [P. Kudsk и другие, 1987; Pilar Sandin-Espana и другие, 2011; Спиридонов Ю.Я., Ларина Г.Е., Шестаков В.Г., 2004; Спиридонов Ю.Я., Шестаков В.Г., 2006].

Полевые опыты. Учёты проводили количественно-весовым методом на четырех, для каждого региона, учетных площадках размером 0,25 м². Согласно «Методическим указаниям по полевому испытанию гербицидов в растениеводстве» [ВИЗР,1981] и методическими указаниями по полевому испытанию гербицидов в растениеводстве [Долженко, 2013]. Расчеты проводили методом дисперсионного анализа [Доспехов, 1985], программы MS Office Excel, «R».

2.4. Условия проведения исследований

Первичный биологический скрининг на тест-растениях, в лаборатории искусственного климата проводили в следующих условиях. Норма высева семян – 12 на 1 вегетационный сосуд. Температурные параметры для дневного режима 22°C, для ночного 17°C до обработки, и 25°C для дневного режима и 20°C для ночного режима после обработки. Параметры влажности воздуха: для дневного режима – 65 – 70%, для ночного режима – 80 – 85%. Светильники – ЖСП 64-600 с натриевыми лампами высокого давления. Перед закладкой опыта был заложен предварительный опыт (шкала для уточнения норм применения, фиксация дозировки ЕД₅₀). При закладке опыта использовались стаканчики из вспененного полистирола объемом 0,4 л, масса грунта после набивки составила 300 г, после набивки грунтом сеялись семена по 12 шт. в сосуд, далее полив по 50 мл. Полив растений в дальнейшем осуществлялся по весу три раза в неделю до 400 г в пятницу и до 380 г по понедельникам и средам, полив по объему осуществлялся по вторникам и четвергам в количестве 30 мл/сосуд. Перед обработкой растения прорежены до 7 растений/сосуд, также была произведена выбраковка сосудов с нетипичными по развитию растениями.

Опыт закладывался в 7-ми кратной повторности, для закладки опыта использовался грунт «Новая Земля Универсальный».

Растения пшеницы озимой обрабатывались препаратом в фазу 2-х листьев пшеницы при помощи установки ЛУ 1.01., расход рабочей жидкости составил 30 мл/м². Учет весовым методом проводился через 13 дней после обработки. Для статистической обработки был использован, пробит-анализ и дисперсионный анализ в программе «R» [Спиридонов, Ларина, Шестаков, 2004].

Опыты по изучению биологической и хозяйственной эффективности исследуемых гербицидов проводили в 2012 и 2013 году на посевах гороха, сои, подсолнечника и рапса в трех почвенно-климатических зонах (Алтайский

край, Астраханская область, Белгородская область, Волгоградская область, Воронежская область, Калужская область, Краснодарский край и Свердловская область).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

3. РАЗРАБОТКА ПРЕПАРАТОВ ИМИДАЗОЛИНОНОВОГО РЯДА

Поскольку была поставлена задача разработать препарат на основе действующего вещества имидазолинонового ряда, нами был выбран имазамокс, как наиболее перспективный и современный представитель этого класса.

3.1. Физико-химические свойства действующего вещества, определяющие вид препаративной формы

Тип препаративной формы во многом зависит от физико-химических свойств действующего вещества. Имазамокс имеет высокую температуру плавления, плохо растворим как в полярных, так и неполярных растворителях, не горюч и не взрывоопасен, обладает ярко выраженными кислотными свойствами, стабилен к гидролизу при значениях рН от 5 до 7, а период полураспада водного раствора имазамокса на свету 7 дней (Табл. 6). Подходящие препаративные формы для действующего вещества с такими свойствами – водно-диспергируемые гранулы (ВДГ), сыпучие порошки (СП), масляные дисперсии (МД), суспензионные концентраты (СК). Но среди существующих препаративных форм наибольшей универсальностью обладают Водные Растворы (ВР) и Водорастворимые Концентраты (ВРК) они просты в производстве, экологичны, удобны при хранении, транспортировке и применении, в том числе при приготовлении баковых смесей.

Таблица 6 – Физико-химические свойства действующего вещества
имазамокса

Эмпирическая формула	$C_{15}H_{19}N_3O_4$
Молекулярная масса	$M=305.33$ г/моль
Температура плавления, °С	165-167
KOW logPow	0,7
Растворимость в органических растворителях, г/100 мл	Ацетон 2,93 Этилацетат 1 Метанол 6,7 Толуол 0,22 Гексан 0,0007
Растворимость в воде (20°С, г/л)	4,4 при pH ~ 7
Воспламеняемость	Не горюч не взрывоопасен
pKa	2,3; 3,3; 10,8
pH 1% суспензии (дистиллированная вода)	2 – 3
Стабильно к гидролизу, при pH	5 – 7 (при pH 9, DT50 = 192 дня)
Фотостабильность водного раствора, час	7

Имазамокс представляет собой органическую кислоту и как большинство кислот может вступать в реакцию с переходными металлами, такими как цинк или железо, образуя комплексные соединения. Со щелочными, щелочноземельными металлами и основаниями имазамокс образует соли, это важно, поскольку в отличие от кислоты, соли имазамокса в воде растворяются хорошо. В сравнении с кислотой, биологическая эффективность солей выше, наиболее эффективная из солей имазамокса – аммониевая соль, ранние исследования имидазолинонов, в которых сравнивалась биологическая активность водных растворов различных солей имидазолинонов, подтверждает это [Shaner, 1991]. Этих знаний о молекуле было достаточно, чтобы определиться с выбором препаративной формы для имазамокса.

3.2. Разработка препаративной формы для имазамокса

Для приготовления препаративной формы ВРК содержащей 120 г/л имазамокса мы использовали аммонийную соль, получаемую

взаимодействием водного раствора аммиака и имазамокса (Рис. 29). С целью расширения диапазона температур хранения, в разрабатываемую рецептуру были включены гликоли. Добавление гликолей способствовало улучшению эксплуатационных характеристик, среди которых можно выделить: морозостойкость (после хранения при температуре -30°C , замерзший препарат оттаивает в течение 2 часов при комнатной температуре, не теряя своих свойств. Табл. 7) и снижение скорости испарения капель рабочего раствора с поверхности, на которую он нанесен.

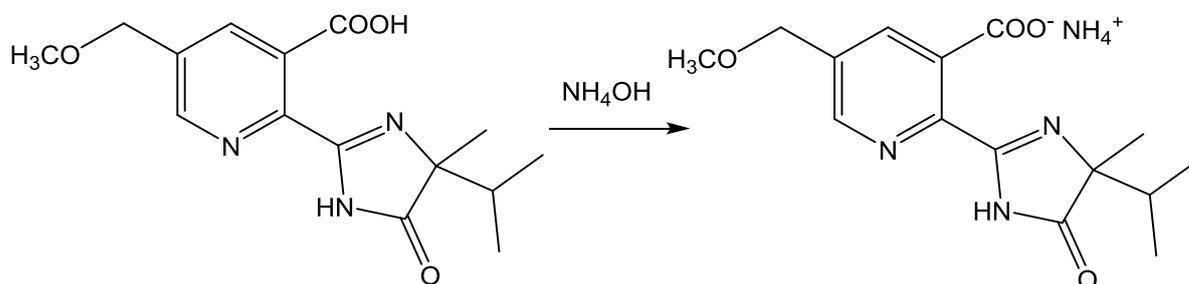


Рисунок 29 – Схема получения аммониевой соли имазамокса

Помимо стабильности при хранении и стабильности рабочего раствора, основной задачей препаративной формы является доставка до места действия (мишени) максимального количества действующего вещества. Основной способ применения гербицидов – опрыскивание, простой и в то же время сложный с точки зрения физико-химических процессов.

Таблица 7 – Физико-химические свойства разработанного препарата на основе имазамокса

Физико-химические свойства препаративной формы	
Содержание действующего вещества	120 г/л
Показатель активности ионов водорода, рН	5,7 - 6,5
Температура вспышки	Более 150°C
Температура кипения	Более 100°C
Температура кристаллизации	Ниже -15°C , морозостоек
Плотность	1080 кг/м ³
Воспламеняемость	Не горюч, не взрывоопасен

Основные потери действующего вещества возникают на стадии опрыскивания, поэтому разрабатывая препаративную форму необходимо учитывать факторы, которые препятствуют попаданию капель рабочего раствора на листовую поверхность и, как следствие, снижают эффективность препарата, уменьшая количество доставляемого действующего вещества. Поведение капель рабочего раствора на этом этапе определяют его физико-химические свойства и поверхностные взаимодействия.

3.3. Оценка стабильности и поверхностно-активных характеристик модельных образцов препарата на основе имазамокса

Основной характеристикой перечисленных физических явлений является поверхностное натяжение. При низких значениях величины поверхностного натяжения капли рабочего раствора при распылении получаются маленькими. Для распыляемых гербицидных препаратов маленькие капли невыгодны: они склонны к сносу, аэродинамическому обтеканию листа, отскоку. Вероятность попадания больших капель на лист значительно выше, но им гораздо труднее удержаться на листовой поверхности, они скатываются в силу большей массы или при ударе о поверхность листа разбиваются на более мелкие, которые быстрее испаряются. При этом довольно трудно добиться условий, при которых капля относительно большого размера при контакте с поверхностью, будет стремительно растекаться по поверхности, снижая краевой угол смачивания.

Оценка физико-химических свойств рабочего раствора препарата позволяет определить возможные потери эффективности, связанные с вышеописанными явлениями. А с целью достижения лучшего взаимодействия рабочего раствора и поверхности, на которую он наносится применяется поверхностно-активное вещество (ПАВ).

В ходе исследований нами был изучен широкий спектр лабораторных проб препаративной формы ВРК (водорастворимый концентрат) с концентрацией имазамокса 120 г/л. Исследованы поверхностно-активные

свойства рабочих растворов лабораторных проб начиная с водного и водно-гликолевого раствора аммониевой соли имазамокса и заканчивая пробами, содержащими до 50% поверхностно-активных веществ. В ходе экспериментов определены краевой угол смачивания и поверхностное натяжение капель рабочих растворов (в соответствии с нормой применения) экспериментальных образцов. В опытные образцы были введены сурфактанты различных классов (этоксилированные эфиры сорбитанов, нонилфенолы, этоксилированные жирные спирты и алкоксиллированные спирты, а в случае использования этоксилированных жирных аминов не образовывался гомогенный раствор).

Для определения количества включаемого в рецептуру поверхностно-активного компонента было изучено его влияние на поверхностное натяжение капель рабочих растворов образцов (Рис. 30).

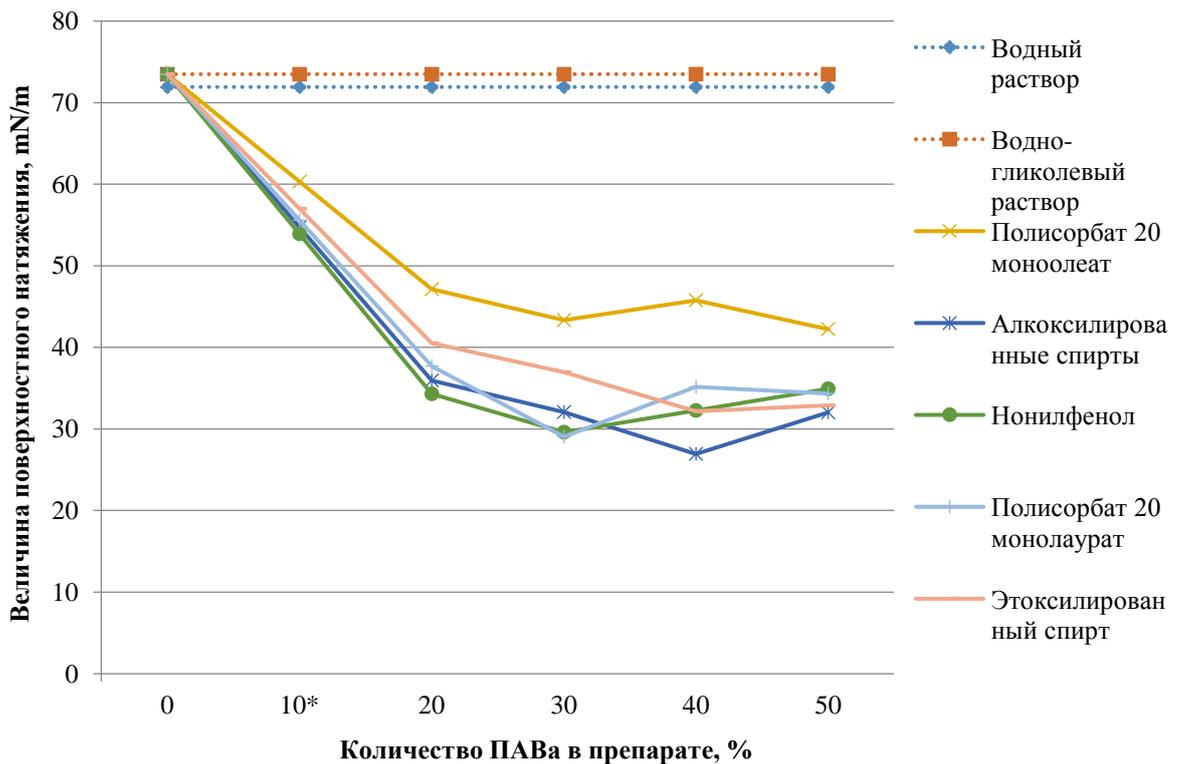


Рисунок 30 – Зависимость поверхностного натяжения капель рабочего раствора от количества ПАВ в рецептуре (* данные экстраполяции)

Как видно из графика (Рис. 30) введение в рецептуру 20% количества сурфактанта оказывает существенное влияние на поверхностное натяжение 0,4% рабочего раствора, при этом устанавливается плато, в котором

практически не происходит изменений, даже при двукратном увеличении ПАВ. Величина поверхностного натяжения неразрывно связана с объемом капли (Рис. 31) и это необходимо учитывать при изучении свойств рабочего раствора.

Исходя из полученных результатов, интересным представлялось провести оценку стабильности при хранении исследуемых образцов. Исследуемые образцы хранились в диапазоне температур от -30°C до $+54^{\circ}\text{C}$.

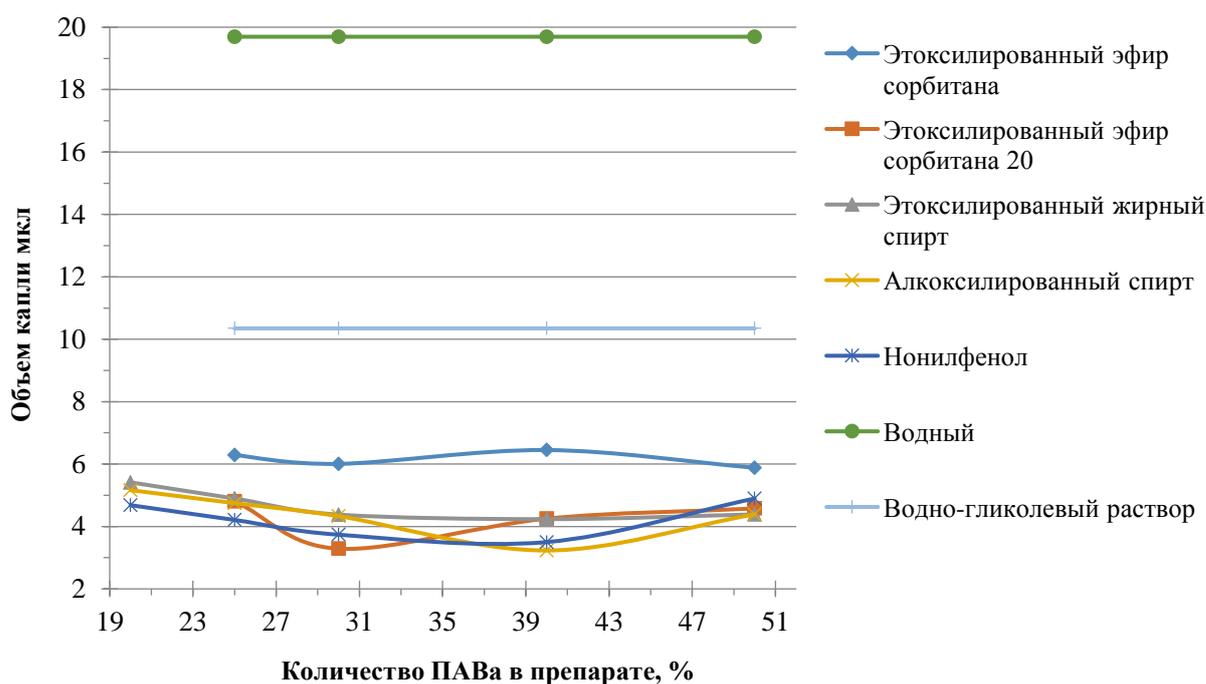


Рисунок 31 – Зависимость объема капель рабочего раствора от количества ПАВ в рецептуре

Как показали результаты наших испытаний стойкости препарата в различных климатических условиях, включение более чем 30 процентов сурфактанта в рецептуру, приводит к ухудшению качественных характеристик препарата и снижению его устойчивости к температурным изменениям окружающей среды (Табл. 8). Более того ПАВ – это дополнительная токсическая нагрузка и важно знать, какое его количество в рецептуре будет необходимо.

Группа ПАВ была подобрана на основании характеристик, включающих: физико-химические свойства (рН, плотность), гидрофильно-

липофильный баланс, совместимость сурфактанта с остальными компонентами препарата, влияние на окружающую среду, стоимость и возможность использования отечественных аналогов.

Таблица 8 – Влияние поверхностно-активных компонентов препарата на свойства рабочего раствора

Наименование и количество сурфактанта в образце	Статическое поверхностное натяжение, мН/м	Максимальный объем статической капли, мкл	Средний краевой угол смачивания в момент образования, °	Стабильность исследуемого образца при хранении
Водно-гликолевый раствор (Без ПАВ)	73,49	10,35	75,81	Стабилен
Нонилфенол				
20%	34,23	4,68	58,63	Стабилен
30%	29,61	3,74	53,95	Стабилен
40%	31,42	4,21	55,42	Стабилен
50%	34,92	4,90	51,36	Нестабилен
Алкоксилированные спирты				
20%	35,95	5,16	38,48	Стабилен
30%	32,06	4,33	50,11	Стабилен
40%	26,93	3,23	51,79	Нестабилен
50%	32,03	4,39	43,81	Нестабилен
Этоксиллированные спирты				
20%	40,53	5,41	67,37	Стабилен
30%	36,97	4,38	57,11	Стабилен
40%	32,18	4,23	52,83	Нестабилен
50%	32,89	4,39	52,73	Нестабилен
Полисорбат 20 моноолеат				
20%	47,15	6,29	84,93	Стабилен
30%	43,36	6,01	82,00	Стабилен
40%	45,76	6,45	85,73	Нестабилен
50%	42,23	5,88	82,65	Нестабилен
Полисорбат 20 монолаурат				
20%	37,70	4,81	69,07	Стабилен
30%	29,06	3,29	73,45	Стабилен
40%	35,17	4,25	75,69	Нестабилен
50%	34,36	4,58	71,93	Нестабилен
Пульсар	49,76	6,88	66,16	Стабилен

3.4. Взаимодействие рабочих растворов модельных образцов препарата на основе имазамокса с гидрофобной поверхностью, краевой угол смачивания.

Влияние ПАВ на поверхностное натяжение капель рабочего раствора величина статическая, а сама сила возникает на поверхности раздела двух фаз – газ и жидкость. При контакте капли рабочего раствора с листовой поверхностью в процессы взаимодействия, помимо твердой фазы включаются дополнительные параметры и силы (Рис. 32), поэтому для более объективной оценки влияния включенного в рецептуру ПАВ мы изучили и сравнили величины краевых углов смачивания капель рабочего раствора (величин, определяющих взаимодействие на линии трехфазного контакта) на гидрофобной поверхности. В качестве гидрофобной поверхности мы использовали пластинки Parafilm M, а в некоторых случаях и закрепленную гладкую листовую пластинку.

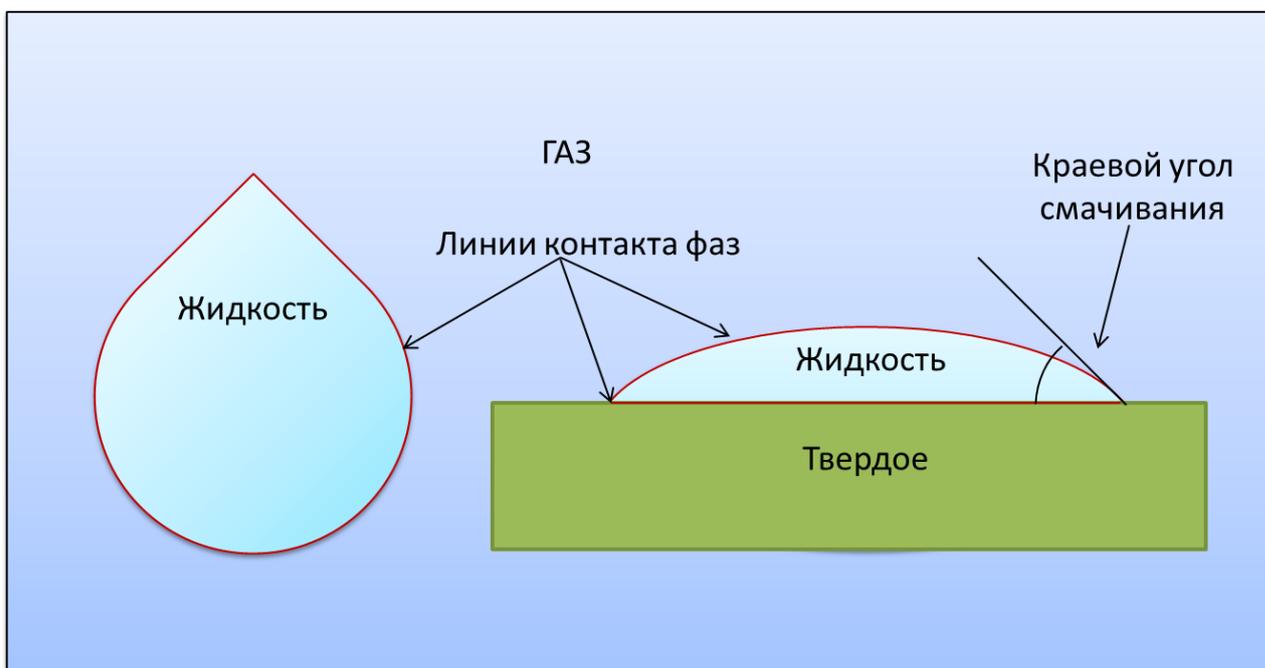


Рисунок 32 – Поверхностное натяжение статической капли и краевой угол смачивания капли на поверхности листа (Ориг.)

Исследовав большое количество образцов (Рис. 33) нами было определено, что добавление ПАВ в концентрациях 20%, в некоторых случаях давали значения поверхностно-активных характеристик близких к водно-

гликолевому раствору, влияние на рабочий раствор практически не наблюдалось.

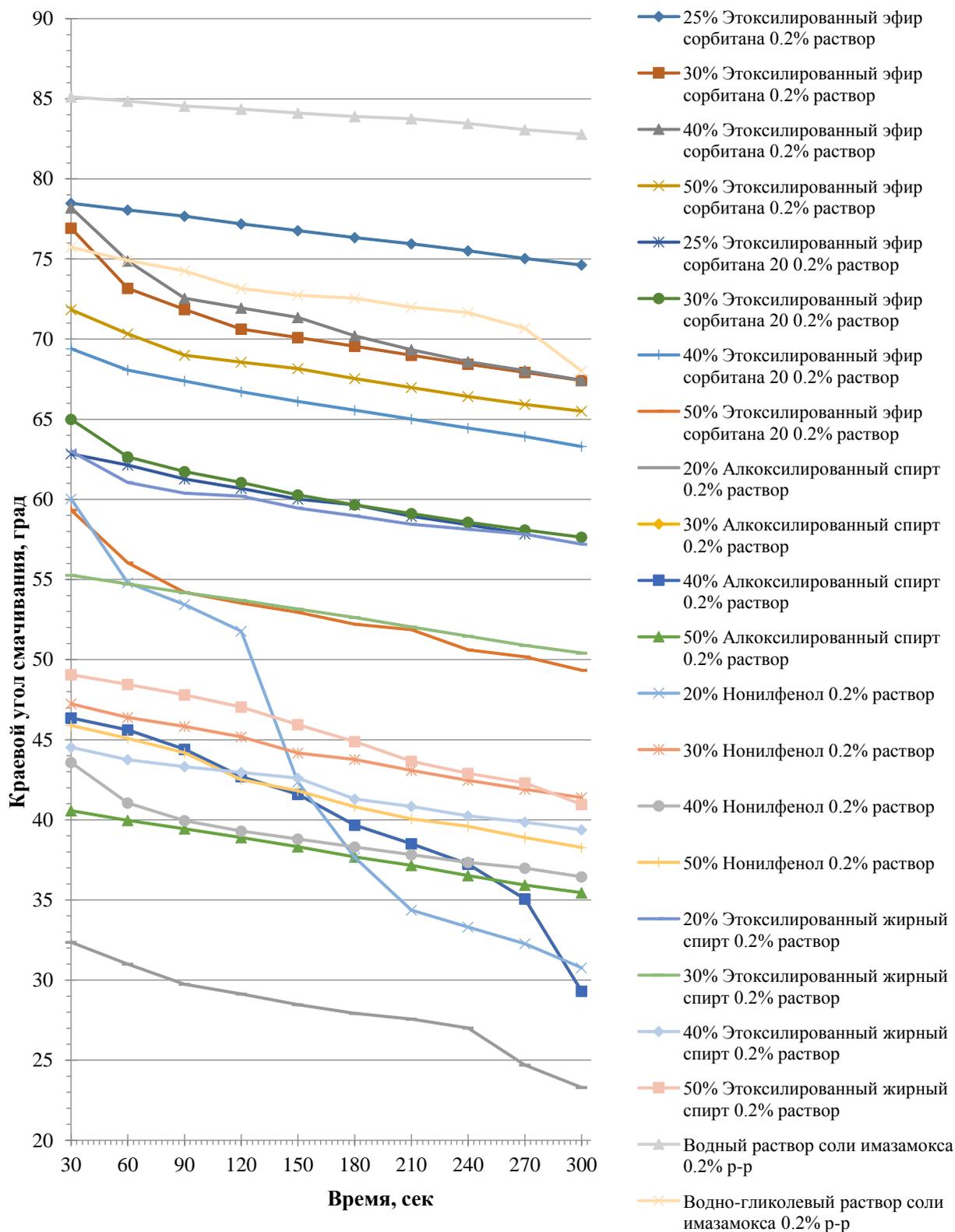


Рисунок 33 – Влияние ПАВ на краевой угол смачивания капли рабочего раствора

Для других ПАВ, снижение поверхностного натяжения приводило к низким значениям краевого угла смачивания. При этих значениях капля рабочего раствора при соприкосновении с поверхностью растения растекалась довольно сильно. При интенсивном растекании капли по листу, происходит снижение концентрации действующего вещества на единицу поверхности, а скорость испарения капли увеличивается. Испарение приводит к процессам, препятствующим проникновению ДВ в лист, таким как кристаллизация растворенного действующего вещества и выделение солей жесткости [Mercer, 2006]. Поэтому выбирая ПАВ, мы учитывали не только интенсивное растекание, но создание условий для лучшего проникновения ДВ в лист.

Используя результаты, полученные нами в ходе исследований поверхностно активных характеристик, мы выбрали несколько образцов (Рис. 35). Величины краевых углов смачивания рабочих растворов исследуемых образцов, находились приблизительно в одной области с препаратом аналогичного действия. Что касается динамики изменения поверхностного натяжения, то в первую минуту капли рабочего раствора интенсивно растекались, в дальнейшем время до 10 минут значения краевого угла смачивания изменялись плавно, удерживаясь в пределах 50 градусов. Подобные значения позволяют нам предотвратить потери, изображенные на рисунке 34.



Рисунок 34 – Возможные потери эффективности при обработке (Ориг.)

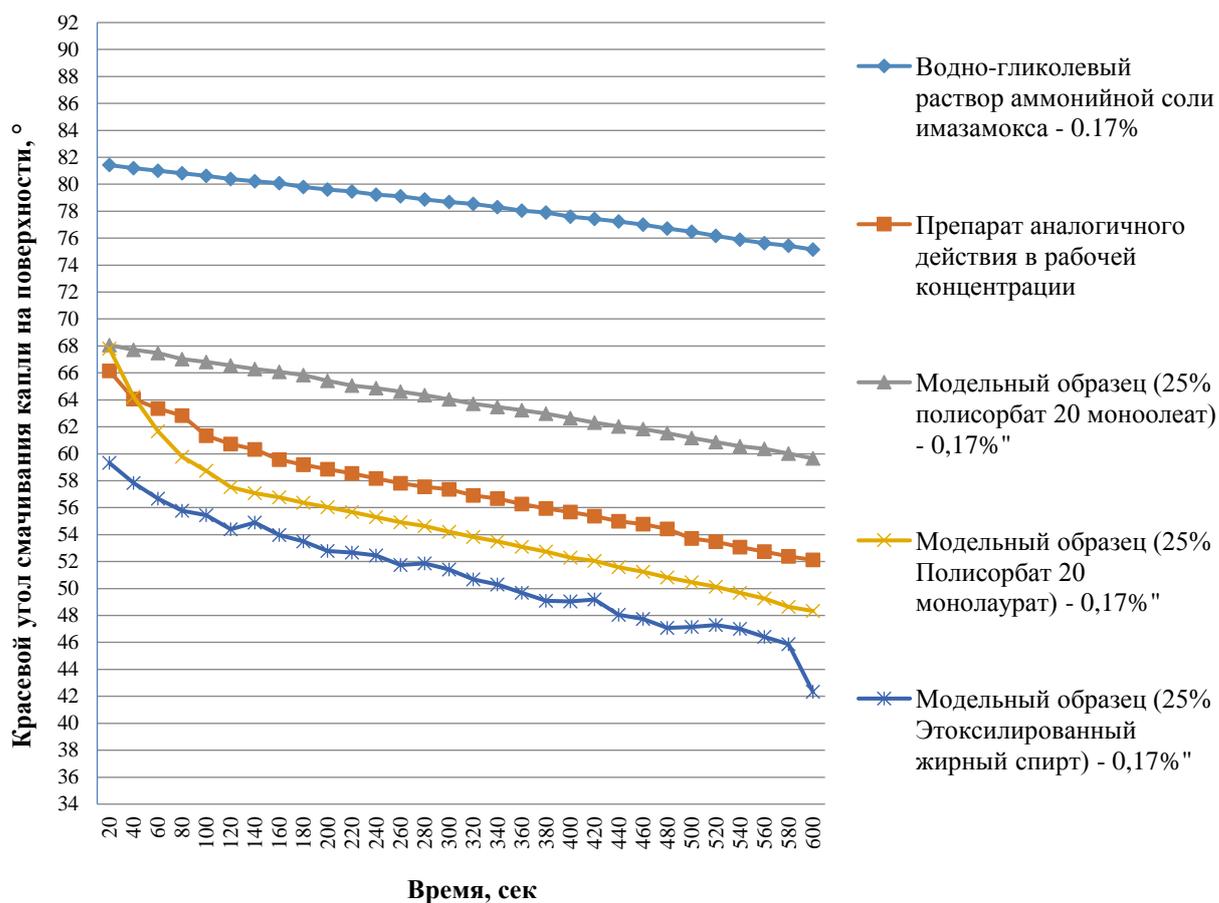


Рисунок 35 – Сравнение краевого угла смачивания исследуемых образцов с зарубежным препаратом аналогичного действия

Как видно из графика (Рис. 35), значения краевых углов смачивания рабочих растворов отобранных образцов, содержащих ПАВ в концентрациях 25%, как и препарата аналогичного действия, близки по значениям и явно отличаются от значений водно-гликолевого раствора. В первую минуту капли рабочего раствора интенсивно растекались, в дальнейшем время до 10 минут значения краевого угла смачивания изменялись плавно, удерживаясь в пределах 50 градусов.

Полученные нами результаты позволили выделить среди большого количества проб подходящие модельные образцы, удовлетворяющие требованиям физико-химических и поверхностно-активных свойств. Сравнение отобранных образцов с зарубежным аналогом показало, что, на данном этапе, разрабатываемый нами препарат, не уступает препарату аналогичного действия. Препаративная форма соответствует современным

требованиям, предъявляемым к пестицидам, учтены климатические и географические особенности нашей страны.

Заключая раздел, можно отметить следующее:

- Исходя из данных о физико-химических свойствах имазамокса, для разработки была выбрана препаративная форма водорастворимый концентрат (ВРК). Использование имазамокса в качестве аммонийной соли позволяет включить в состав до 120 г действующего вещества. В сравнении с кислотой, аммонийная соль имазамокса является более эффективной.
- Использование гликолей в рецептуре позволяет повысить качество препаративной формы, улучшить морозостойкость, что немаловажно в климатических особенностях нашей страны.
- На основе результатов исследований поверхностного натяжения капель рабочих растворов модельных образцов разрабатываемого препарата на основе имазамокса определена природа и количество ПАВ в рецептуре (25%), обеспечивающее необходимое влияние на поверхностное натяжение капель рабочего раствора и не ухудшающее свойств препаративной формы.
- Исследования краевых углов смачивания позволили отобрать ряд модельных образцов обладающих поверхностно-активными характеристиками, необходимыми для хорошего контакта рабочего раствора разрабатываемого препарата с листовой поверхностью.

4. Биологическая эффективность модельных образцов препарата на основе имазамокса, первичный скрининг

На первом этапе разработки препарата на основе имазамокса нами были исследованы физико-химические характеристики различных по составу модельных образцов и их рабочих растворов. В результате проделанной работы нами были отобраны несколько модельных препаратов. Но поскольку некоторые из исследуемых образцов были близки по своим свойствам, для выбора наиболее подходящей рецептуры необходимо было изучить их биологическую эффективность.

4.1. Биологическая эффективность препаративной формы

Первичный биологический скрининг

Использование гликолей в рецептуре нашего препарата значительно улучшало характеристики хранения препарата, а значения краевых углов смачивания модельных образцов содержащих только гликоли и содержащих гликоли и ПАВ не всегда отличались друг от друга. Как видно из таблицы 8 (Стр. 78), подходящие нам поверхностно-активные компоненты на основе этоксилированных спиртов и полисорбат-20 монолаурата, в определенных концентрациях, давали близкие значения краевых углов смачивания, при этом значения не сильно отличались от гликолей. Поэтому, первая поставленная для препарата в лаборатории искусственного климата задача, представляла собой сравнение биологической эффективности выбранных нами модельных образцов и образца, содержащего гликоли. Сравнение биологической эффективности модельных препаратов осуществляли в одинаковых условиях температуры, влажности и фотопериодичности. В качестве тест объекта нами была использована пшеница озимая сорт «Кристалл», растения обрабатывались в фазу 2-х листьев, учет проводился весовым методом через 13 дней после обработки (Рис. 36).

Как видно из рисунка 36, биологическая эффективность модельного препарата, содержащего в своем составе 25% полисорбат-20 монолаурата, по ED_{50} , выше, чем у препарата с рецептурой на этоксилированном спирте. Более того, сравнительные исследования модельного препарата состава, включающего полисорбат-20 монолаурат и препарата, содержащего только гликоли, без ПАВ (Рис. 37), подтверждают необходимость использования поверхностно-активных веществ в данной рецептуре, как компонентов, значительно повышающих биологическую эффективность препарата.

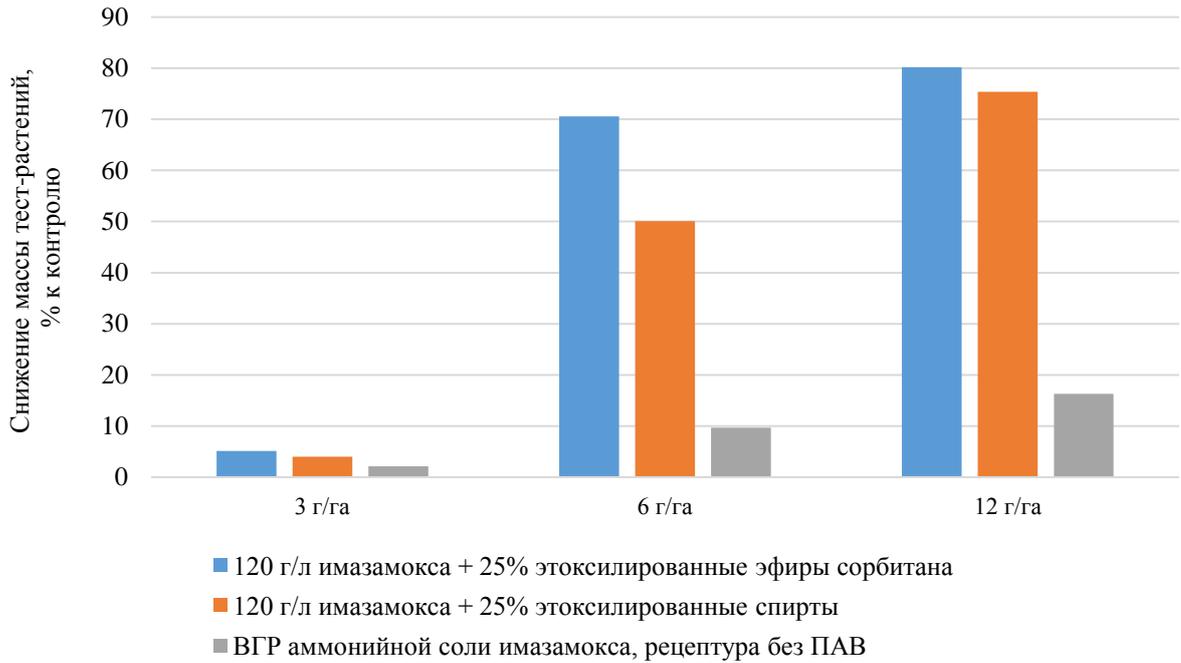


Рисунок 36 – Сравнение биологической эффективности модельных образцов препарата на основе имазамокса (120 г/л)

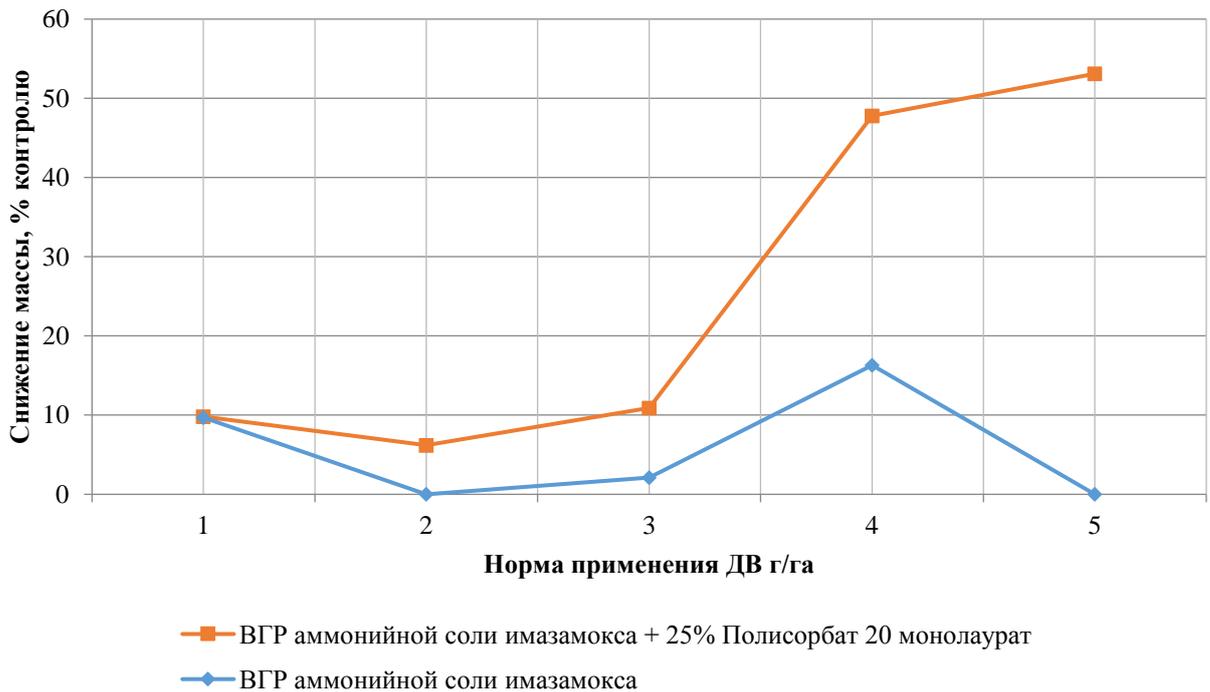


Рисунок 37 – Сравнение биологической эффективности модельных образцов препарата приготовленных с ПАВ и без него

Полученные в ходе исследований результаты подтверждают необходимость использования в разрабатываемом препарате, помимо гликолей, поверхностно-активного компонента, включение которого в состав

позволяет улучшить не только физико-химические и поверхностно-активные характеристики, но и гербицидные качества препарата. Следует отметить, что включение в состав препарата гликолей, с одной стороны, улучшило его эксплуатационные характеристики, с другой, никак не отразилось на его эффективности (Рис. 37 – 38).



Рисунок 38 – Сравнение биологической эффективности модельных образцов препарата приготовленных с ПАВ и без него, внешний тест-растений 14 дней с момента обработки, дозировка 0.4 л/га на 300 л воды

4.2. Примеси имазамокса как фактор влияющий на его биологическую эффективность

На начальной стадии синтеза молекулы имазамокса проводят реакцию галогенирования. Основными продуктами этой реакции являются ди- и трибромпроизводное (Рис. 39).

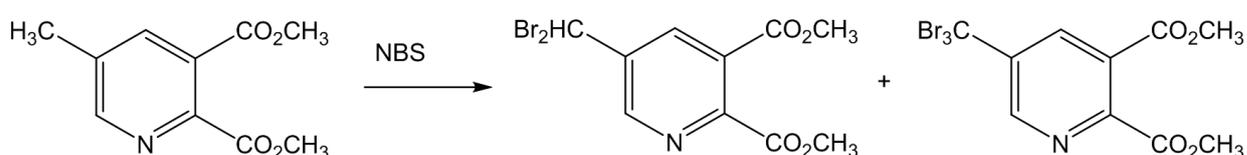


Рисунок 39 – Первая стадия синтеза имазамокса [Stetter, 1994]

Однако побочным продуктом этой реакции может быть молекула дикарбонового эфира, которая не вступила в реакцию. Присутствие этой молекулы по окончании синтеза дает примесь имазапик. Содержание примесей имазапика в препарате, возможно, оказывает фитотоксичное действие на культуры устойчивые к имазамоксу.

Имазапик – селективный гербицид, по механизму действия он, как и другие представители класса имидазолинонов – ингибитор ацетолактат-синтазы, но в отличие от имазамокса или, например, имазетапира молекула имазапика более устойчива (период полураспада 120 дней) и метаболизируется в культурах (соя, горох) медленнее (Рис. 40).

Можно предположить, что примеси имазапика в техническом имазамоксе приводят к повышению фитотоксичности гербицидных препаратов на основе имазамокса, в документации FAO допустимое содержание имазапика в техническом имазамоксе до 1%, 10 г/кг. Процесс определения имазапика в препарате довольно трудоемкий, он требует большего времени и затрат. Проанализировав ряд имазамокс-содержащих препаратов, представленных на отечественном рынке, было отмечено, что в некоторых из них количество имазапика превышает установленные международными нормативами пределы, что объясняет повышенную фитотоксичность препаратов.

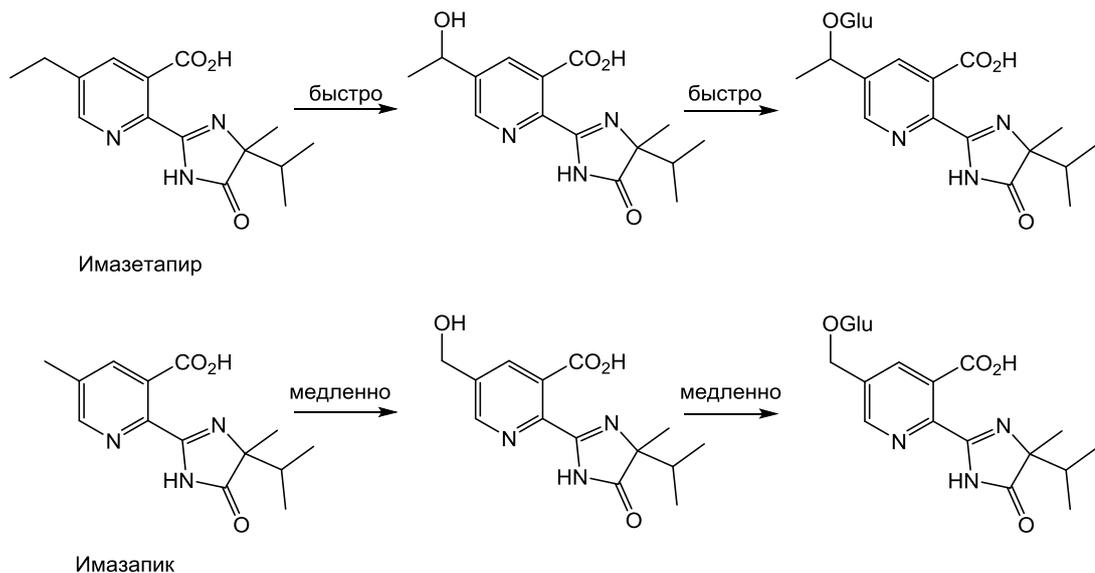


Рисунок 40 – Механизм инактивации молекул имазамокса и имазапика в растениях [Dale, 1991]

Для оценки фитотоксичности примеси имазапика нами были проведены исследования в лаборатории искусственного климата. В качестве тест объекта в первом опыте была использована пшеница озимая (сорт «Кристалл»). Тест-растения выращивались в сосудах объемом 0,5 дм³ (7 растений на сосуд), в контролируемых по фото периодичности, влажности и температуре условиях, для закладки опыта использовался грунт «Новая Земля Универсальный». Растения обрабатывались в фазу двух листьев пшеницы, через 11 дней после посадки. Для обработки были приготовлены два образца: стандартный, содержащий имазамокс требуемого качества, и образец содержащий примесь имазапика в имазамоксе в количестве 5%. Сравнение фитотоксичности модельных образцов гербицидного препарата на основе имазамокса показано на рисунке 41.

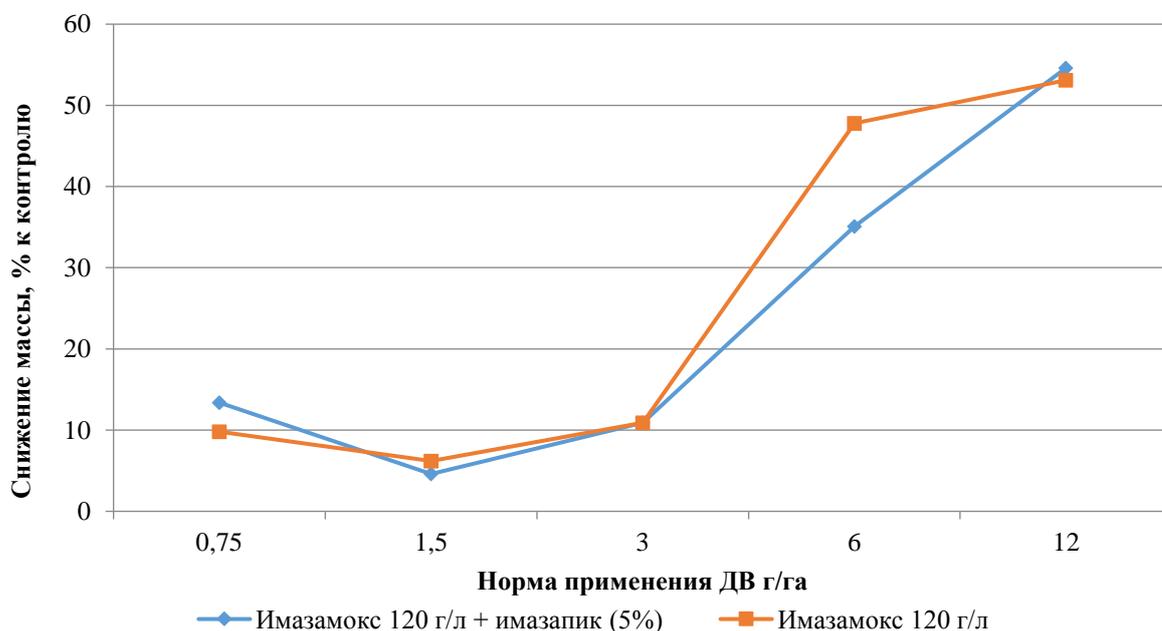


Рисунок 41 – Оценка фитотоксичности примеси имазапика

Как видно из графика (Рис. 41) примеси имазапика в количестве, значительно превышающем регламентацию FAO, не показали повышения фитотоксического действия препарата на данный тест-объект, возможно концентрации действующего вещества было недостаточно.

В дальнейшем исследовании для получения более полной информации о фитотоксичности примесей имазапика в качестве тест объекта нами были выбраны защищаемые культуры: соя (*Glycine glicine Max (L.)*) (сорт «Свапа») и горох (сорт «Фараон»), помимо этого было решено увеличить норму применения препарата. Тест растения так же выращивались в сосудах объемом 0.4 дм³ (5 растений на сосуд для гороха и 3 растения на сосуд для сои), в контролируемых по влажности и температуре условиях. Растения обрабатывались рабочими растворами препаратов, описанных в предыдущем опыте, в фазу 5-ти настоящих листьев, через 12 дней после посадки. Учет проводился через 9 дней после обработки. Как в предыдущем, так и в последующих опытах, для статистической обработки был использован, пробит-анализ и дисперсионный анализ (Рис. 42).

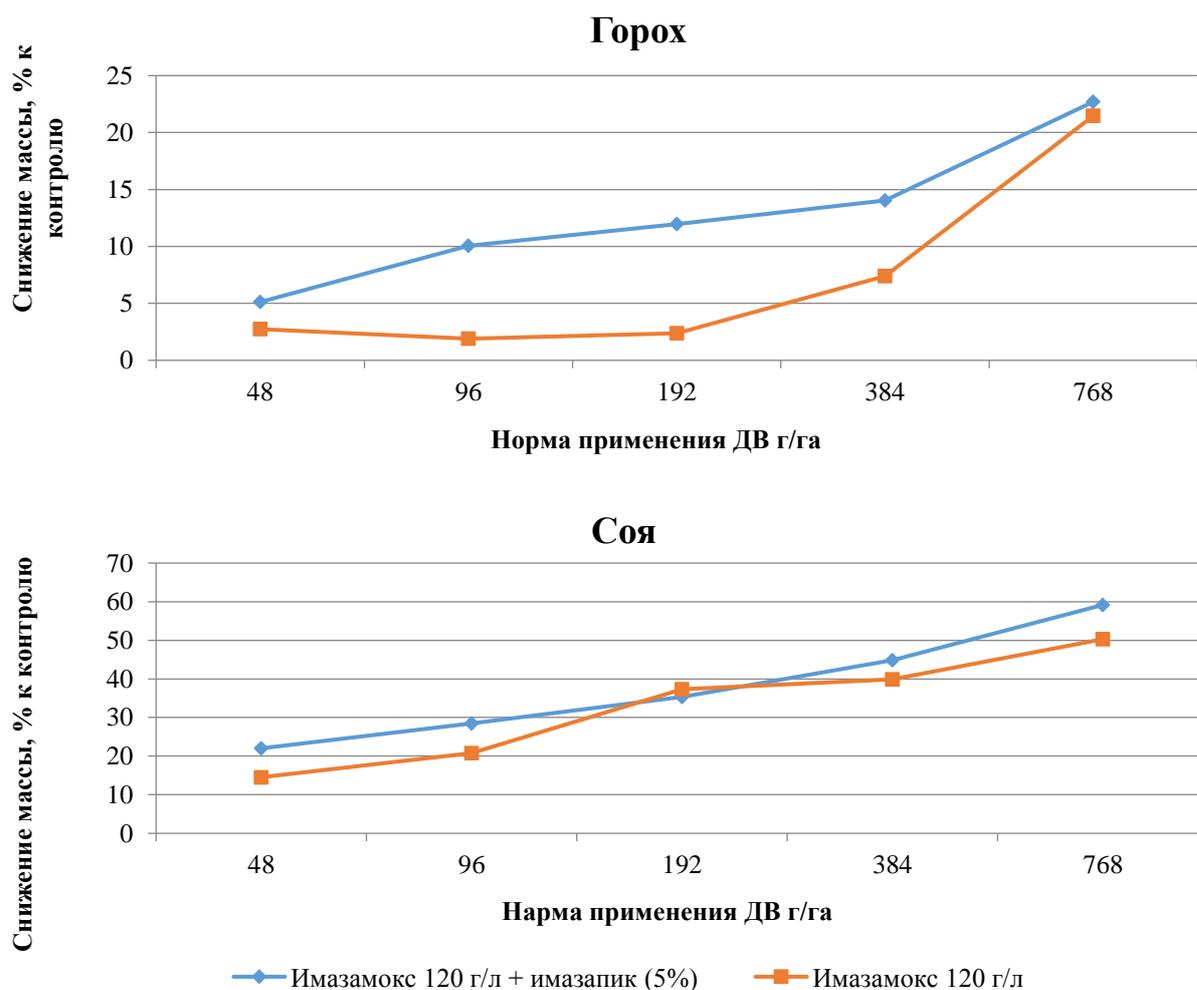


Рисунок 42 – Оценка фитотоксичности примеси имазапика на защищаемых культурах (горох и соя)

Небольшая разница фитотоксического действия была отмечена на горохе, в остальном сравнительный опыт не показал значительной разницы и значительной фитотоксичности между препаратом, сырьем для которого был имазамокс содержащий примесь 5% имазапика, что в 5 раз превышает допустимые FAO нормы и препаратом, приготовленным с использованием сырья содержащего примеси в количестве не более 0,2%, что в 5 раз ниже допустимых норм. С другой стороны, в литературе указано, что такие культуры как соя и горох не обладают устойчивостью к имазапику, а учитывая его сравнительно долгий период полураспада использование технического имазамокса с повышенным содержанием имазапика для производства препарата, может привести к возникновению фитотоксичности препарата по отношению к защищаемым культурам [Grymes et al., 1995]. Производство препарата с высокой концентрацией действующего вещества, требует тщательного контроля сырья, технический имазамокс, который мы использовали, содержит менее 1 % имазапика (0,2 – 0,8%), что значительно ниже допустимых норм. Это позволяет снизить токсическую нагрузку и избавить фермеров от нежелательных осложнений после применения нашего препарата.

Заключая раздел, можно отметить следующее:

- На основании результатов исследований биологической эффективности модельных образцов разрабатываемого гербицидного препарата на основе имазамокса была показана необходимость включения в рецептуру поверхностно-активного вещества. Образец содержащий в рецептуре ПАВ природы полисорбат-20 монолаурат оказался эффективнее образца, содержащего в качестве сурфактанта смесь этоксилированных спиртов.
- Предположение о фитотоксичности примеси имазапика для защищаемых культур сои и гороха было проверено рядом исследований. В ходе исследований была отмечена незначительная фитотоксичность на горохе при использовании образца, приготовленного с использованием

имазамокса, пятикратно превышающего допустимую норму примесей имазапика. Оценка примесей в ряде препаратов аналогичного действия показала, что большинство из них содержат имазамокс содержащий имазапик, в количествах, превышающих допустимые нормы. Обращая внимание на этот факт, нами было решено при приемке сырья дополнительно контролировать этот параметр.

5. Оценка биологической эффективности препарата Парадокс, ВРК в разных почвенно-климатических зонах страны

Лабораторные испытания модельных образцов, определение их физико-химических, поверхностно-активных и эксплуатационных характеристик, биологической эффективности, оценки фитотоксичности позволили отобрать препаративную форму гербицидного препарата на основе имазамокса, удовлетворяющую задачам, поставленным на начальном этапе разработки. В ходе испытаний было определено, какого класса и какое количество поверхностно-активных веществ необходимо ввести в препаративную форму, для достижения желаемых результатов физико-химических свойств и биологической эффективности [Большов, 2016]. Исследования проводились в лабораторных условиях, и мы можем прогнозировать эффективность препарата, опираясь на полученные результаты, но только в случае злаковых сорняков. В литературе в полной мере описан спектр сорной растительности чувствительной к имазамоксу [B.Z Zandstra et al., 2004]. Для получения оценки биологической эффективности разработанного препарата против спектра сорной растительности, в условиях агроценозов нашей страны, нами были проведены полевые испытания в различных почвенно-климатических зонах, на основных защищаемых культурах - сои, гороха, рапса и подсолнечника.

Оценку биологической эффективности разработанного гербицидного препарата на основе имазамокса – Парадокс, ВРК осуществляли в 2012 и 2013 годах. Исследования охватывали три почвенно-климатические зоны и

проводились в следующих регионах: Алтайский край, Астраханская область, Белгородская область, Волгоградская область, Воронежская область, Калужская область, Краснодарский край и Свердловская область. Фаза развития сорных растений на момент обработки, в основном, составляла 2 – 4 листа, нормы применения в зависимости от опыта варьировались от 0,25 до 0,40 л/га на 200 л воды, чувствительность сорных видов оценивали относительно контроля количественным и весовым методом, на не менее чем 4-х учетных площадках размером 0,25 м² на каждой делянке опыта [Долженко, 2013].

В посевах защищаемых культур наиболее часто встречались виды; однодольные: *просо сорное*, *куриное просо*, *щетинник сизый*, *щетинник зеленый*, *горчица полевая*, *овсюг обыкновенный*, среди двудольных: *ясотка стеблеобъемлющая*, *оберна бехена*, *неслия метельчатая*, *вьюнок полевой*, *фиалка полевая*, *паслен черный*, *подмаренник цепкий*, *щирца жминдовидная*, *горец почечуйный*, *гречишка вьюнковая*, *марь белая*, *чистец однолетний*, *щирца запрокинутая*, *канатник Теофраста*, *портулак огородный*, *ромашка непахучая*, *бодяк щетинистый*, *пикульник обыкновенный*. Учеты сорняков по видам количественным методом на учётных площадках проводили: перед обработкой, через 30 дней после обработки и через 45 дней после обработки. В ходе наших исследований было показано, что большинство видов сорных растений, встречающихся на опытных делянках, проявляют высокую чувствительность к гербициду Парадокс, ВРК. Исследования показывают, что наименьшую чувствительность к гербициду проявил *вьюнок полевой* (*Convolvulus arvensis*), представитель многолетних, двудольных сорняков. Эффективность против вьюнка полевого через 30 дней составила 67%, а учёт через 45 дней показал снижение количества этого сорняка относительно контроля на 50%. Высокую чувствительность к гербициду Парадокс, ВРК проявили *щетинник зеленый* (*Setaria viridis*), *горчица полевая* (*Sinapis arvensis*), *неслия метельчатая* (*Neslia paniculata*), *фиалка полевая* (*Viola*

arvensis), паслен черный (*Solanum nigrum*) и щирица жминдовидная (*Amaranthus blitoides*). Биологическая эффективность препарата Парадокс, ВРК в отношении подавляющего большинства видов сорных растений на 45 суток составляла не менее 100% [Большов, 2016]. (Рис. 43).

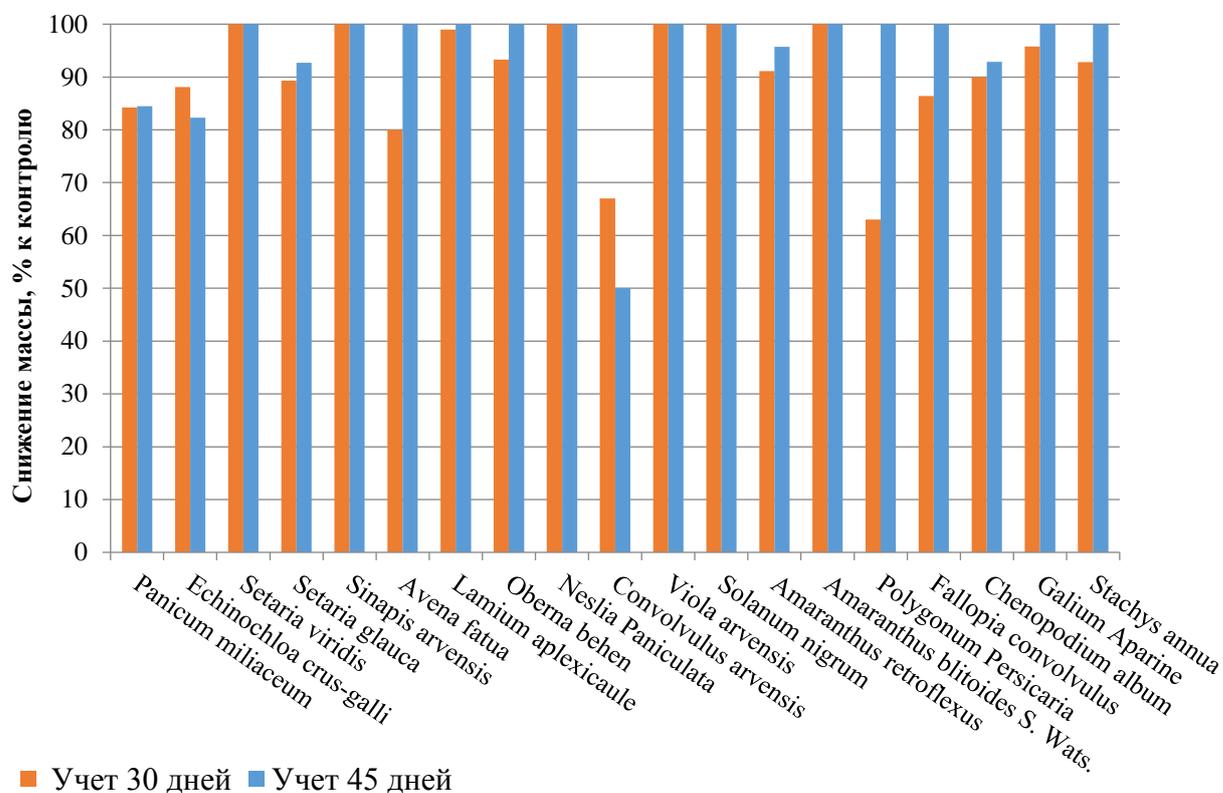


Рис. 43 – Чувствительность видов сорных растений к гербицидному препарату Парадокс, ВРК (120 г/л имазамокса), норма применения 0,35 л/га

5.1. Оценка биологической эффективности препарата Парадокс, ВРК в посевах гороха

Исследования биологической эффективности разрабатываемого препарата Парадокс, ВРК проводили в Свердловской области, г. Екатеринбург, п. Исток, Кольцовское опытное поле Уральского НИИСХ. I – почвенно-климатическая зона, зона подзолистых и дерново-подзолистых почв таежно-лесной области. Расход рабочей жидкости 200 л/га, нормы применения 0,25 и 0,35 л/га, однократная обработка. Учеты сорной растительности проводили перед обработкой, через 30 и 45 дней после обработки.

В 2012 году исходная засоренность опытного участка была невысокой (16 экз./м²). В течение вегетационного периода засоренность контроля

повысилась до 33 и 28 экз./м² соответственно. Препарат Парадокс, ВРК показал довольно высокую биологическую эффективность. Уменьшение нормы применения препарата Парадокс, ВРК до 0,25 л/га привело к небольшому снижению его биологической эффективности до 91% и снижения массы сорняков до 85,4%. При изучении влияния препарата на отдельные виды сорных растений, необходимо отметить его 100% эффективность против однолетних сорняков – *овсюга, куриного проса, щетинника зеленого и яснотки стеблеобъемлющей*.

В 2013 году засоренность опытного участка изначально составляла 33 экз./м². Предшественник – рожь озимая, в посевах гороха преобладали однолетние двудольные сорняки. Увеличение нормы применения препарата способствовало повышению его эффективности, снижение общего количества сорных растений в варианте с внесением 0,35 л/га гербицида Парадокс, ВРК усиливалось со временем. Через 45 дней варианты, обработанные гербицидным препаратом Парадокс, ВРК были чище контроля в среднем на 87%. Результаты исследований гербицидного препарата Парадокс, ВРК представлены в таблице 9, сравнение эффективности с контролем представлены на рисунке 44.



Рис. 44 – Биологическая эффективность препарата Парадокс, ВРК (120 г/л имазамокса) на посевах гороха сравнение с контролем справа (30 дней после обработки норма применения 0.35 л/га), Свердловская область.

Таблица 9 – Влияние гербицида Парадокс, ВРК на общую засоренность посевов гороха (Свердловская область)

Варианты опыта	Даты учетов	Количество сорных растений		Масса сорных растений		Средняя урожайность, % к контролю
		экз./м ²	Снижение, % к контролю	г/м ²	Снижение, % к контролю	
2012 год						
Парадокс, ВРК – 0,25 л/га	07.07	3	90,9	7,7	85,4	120,3
	22.07	6	78,6	4,3	83,2	
Парадокс, ВРК – 0,35 л/га	07.07	2	93,9	1,3	97,5	114,9
	22.07	3	89,3	2,2	91,4	
Пульсар, ВР – 0,75 л/га	07.07	3	90,9	3,1	94,1	124,6
	22.07	4	85,7	4,8	81,5	
Пульсар, ВР – 1,0 л/га	07.07	2	93,9	2,8	94,7	118,2
	22.07	2	92,9	2,4	90,6	
Контроль	07.06	16	-	-	-	22,3 ц/га
	07.07	33	-	52,6	-	НСР ₀₅
	22.07	28	-	25,7	-	6,1 ц/га
Предшественник			Пар			
Сорт			«Красноус»			
Фаза развития			3 листа			
2013 год						
Парадокс, ВРК – 0,25 л/га	17.07	11	63,3	34	59,2	94
	1.08	13	75,9	70	69,6	
Парадокс, ВРК – 0,35 л/га	17.07	8	73,3	27,6	66,9	101
	1.08	7	87,0	36,9	84,1	
Пульсар, ВР – 0,75 л/га	17.07	11	63,3	28,2	66,1	93
	1.08	6	88,9	20,3	91,2	
Пульсар, ВР – 1,0 л/га	17.07	12	60,0	15,6	81,3	97
	1.08	4	92,6	10,5	95,5	
Контроль	18.06	33	-	-	-	19,4 ц/га
	17.07	30	-	83,3	-	НСР ₀₅
	1.08	54	-	227,1	-	6,0 ц/га
Предшественник			Рожь озимая			
Сорт			«Красноус»			
Фаза развития			3 листа			

Испытания в Воронежской области, II почвенно-климатическая зона – зона черноземов лесостепной и степной областей, проводили в Таловском

районе, на опытных полях Воронежского НИИСХ. Расход рабочей жидкости 250 л/га, нормы применения 0,25 и 0,35 л/га, однократная обработка. Учет сорной растительности проводили перед обработкой через 30 и 45 дней после неё. Сорт – «Таловец 70», фаза развития растений культуры в момент обработки – 3 – 4 листа, фаза сорной растительности 2 – 4, предшественник – ячмень яровой.

Применение гербицидов в низких нормах применения, в том числе и в случае с эталоном было менее эффективным, чем при более высоких дозировках. Как видно из таблицы 10 гибель и снижение массы двудольных сорняков, при использовании 0,35 л/га препарата Парадокс, ВРК уже превышали 90% уровень. Действие препарата Парадокс, ВРК в эквивалентных нормах применения практически по всем оценочным критериям эффективности приближался к уровню результативности эталонного препарата.

В 2013 году (Табл. 10) исследования гербицидного препарата Парадокс, ВРК проводили на сорте «Фокор», фаза развития растений культуры в момент обработки – 2 – 3 листа, фаза сорной растительности 1 – 3 настоящих листа. Стоит отметить экстремальные метеоусловия: жаркое и засушливое начало вегетационного периода обусловило пересыхание верхнего слоя почвы. Температура воздуха была выше среднемноголетних значений в апреле на 4,5°С и в мае на 5,9°С. При этом в апреле и начале мая отмечался острый дефицит осадков.

Как видно из таблицы 10, к третьему учету (через 45 дней после опрыскивания) биологическая эффективность гербицидного препарата Парадокс, ВРК, была не ниже 90%. В условиях сложившейся в этом году засоренности посевов, применение гербицида обеспечивало статистически достоверное повышение урожайности зерна гороха. Отрицательного действия гербицида Парадокс, ВРК на рост и развитие культурных растений отмечено не было.

Таблица 10 – Влияние гербицида Парадокс, ВРК на общую засоренность посевов гороха (Воронежская область)

Варианты опыта	Даты учетов	Количество сорных растений		Масса сорных растений		Средняя урожайность, % к контролю
		Экз./м ²	Снижение, % к контролю	г/м ²	Снижение, % к контролю	
2012 год						
Парадокс, ВРК – 0,25 л/га	9.06	44,3	52,2	49,6	71,0	83,7
	24.06	14,7	66,2	17,5	89,3	
Парадокс, ВРК – 0,35 л/га	9.06	61,3	33,9	26,8	84,3	90,3
	24.06	9,5	77,6	6,9	95,4	
Пульсар, ВР – 0,75 л/га	9.06	49,8	46,3	20,9	87,8	90,7
	24.06	11,0	73,7	14,1	89,8	
Пульсар, ВР – 1,0 л/га	9.06	45,7	50,7	7,7	95,5	97,3
	24.06	1,7	96,0	1,9	98,6	
Контроль	10.05	40,0	-	-	-	11,75 ц/га
	9.06	92,7	-	171,2	-	НСР ₀₅
	24.06	46,2	-	179	-	1,44 ц/га
Предшественник			Ячмень яровой			
Сорт			«Таловец 70»			
Фаза развития			3 – 4 листа			
2013 год						
Парадокс, ВРК – 0,25 л/га	8.06	157,5	71,4	18,8	74,4	136,7
	24.06	94,5	74,8	15,7	90,1	
Парадокс, ВРК – 0,35 л/га	8.06	75,5	93,3	16,7	77,3	154,6
	24.06	58,5	88,3	12,1	92,5	
Пульсар, ВР – 0,75 л/га	8.06	70,5	86,7	9,1	87,6	154,5
	24.06	46	86,0	11,2	91,7	
Пульсар, ВР – 1,0 л/га	8.06	42	92,1	7,8	89,4	156,4
	24.06	33,5	92,6	14,3	90,5	
Контроль	9.05	326	-	-	-	12,76 ц/га
	8.06	530,5	-	73,6	-	НСР ₀₅
	24.06	500	-	161	-	2,7 ц/га
Предшественник			Ячмень яровой			
Сорт			«Фокор»			
Фаза развития			2 – 3 листа			

В Волгоградской области (III почвенно-климатическая зона) исследования эффективности гербицидного препарата Парадокс, ВРК проводили на посевах гороха сорта Флагман 9. Опытный участок располагался в Ставропольском районе, село Черებაево, ИП «Шуева В.М.», расход рабочей жидкости 250 л/га, нормы применения 0,25 и 0,35 л/га. Учет сорной растительности через 30 и 45 дней после обработки. Фаза развития сорных и культурных растений в момент обработки – 1 – 3 настоящих листа, предшественник – ячмень яровой. По результатам исследований можно сказать, что биологическая эффективность препарата Парадокс, ВРК была высокой. Снижение засоренности через 30 дней после обработки составляло 92,4%. Соответственно эффективным было снижение массы сорняков и достигало 96,5%. Все сорные растения проявили высокую чувствительность к гербициду. Действие препарата Парадокс, ВРК продолжалось до конца вегетации гороха. По визуальной оценке, к периоду уборки урожая культуры опытные варианты были на 90% чище контроля, где к тому времени на одном квадратном метре поля насчитывалось до 116 экземпляров сорняков. Высокую восприимчивость к гербициду проявила марь белая – 100%.

В 2013 году исходная засоренность участка достигала 89 экз./м², в посевах гороха были распространены как однолетние двудольные сорняки (*щирца запрокинутая*, *марь белая*), так и однолетние злаковые (*щетинник сизый*, *куриное просо*). Фаза развития видов сорной растительности 1 – 3 листа.

Применение исследуемого гербицидного препарата Парадокс, ВРК, было высокоэффективным. Снижение уровня засоренности через 31 день после внесения 0,25 и 0,35 л/га нашего препарата составляло 97,9% и 94,7%. Эффективным было и снижение массы сорняков. Через 46 дней после обработки эффективность препарата была не менее 92%, все присутствующие в посевах гороха сорняки проявили к гербициду Парадокс, ВРК высокую чувствительность. Результаты исследований гербицидного препарата

Парадокс, ВРК в Волгоградской области представлены в таблице 11 и рисунках 45 и 46.

Таблица 11 – Влияние гербицида Парадокс, ВРК на общую засоренность посевов гороха (Волгоградская область)

Варианты опыта	Даты учетов	Количество сорных растений		Масса сорных растений		Средняя урожайность, % к контролю
		Экз./м ²	Снижение, % к контролю	г/м ²	Снижение, % к контролю	
2012 год						
Парадокс, ВРК – 0,25 л/га	29.06	8	92,4	10	96,5	117,0
	13.07	14	87,9	41	90,5	
Парадокс, ВРК – 0,35 л/га	29.06	5	95,3	7	97,6	117,6
	13.07	9	92,2	24	94,4	
Пульсар, ВР – 0,75 л/га	29.06	7	93,4	8	97,2	115,8
	13.07	15	87,1	36	91,7	
Пульсар, ВР – 1,0 л/га	29.06	6	94,8	9	96,9	118,8
	13.07	12	89,7	34	92,1	
Контроль	29.06	106	-	288	-	16,5
	13.07	116	-	432	-	НСР ₀₅
	-	-	-	-	-	1,1 ц/га
Предшественник			Ячмень яровой			
Сорт			«Флагман 9»			
Фаза развития			1 – 3 листа			
2013 год						
Парадокс, ВРК – 0,25 л/га	27.06	2	97,9	17	97,1	131,0
	12.07	8	92,0	81	93,1	
Парадокс, ВРК – 0,35 л/га	27.06	5	94,7	15	97,4	133,5
	12.07	7	93,0	56	95,3	
Пульсар, ВР – 0,75 л/га	27.06	3	96,8	12	98,0	128,6
	12.07	6	94,0	55	95,3	
Пульсар, ВР – 1,0 л/га	27.06	4	95,7	16	97,3	132,3
	12.07	9	91,0	82	93,1	
Контроль	27.06	94	-	588	-	16,1 ц/га
	12.07	100	-	1180	-	НСР ₀₅
	-	-	-	-	-	1,1 ц/га
Предшественник			Ячмень яровой			
Сорт			«Флагман 9»			
Фаза развития			1 – 3 листа			



Рис. 45 – Биологическая эффективность препарата Парадокс, ВРК (120 г/л имазамокса) на посевах гороха (45 дней после обработки норма применения 0,35 л/га), Волгоградская область 2012.



Рис. 46 – Биологическая эффективность препарата Парадокс, ВРК (120 г/л имазамокса) на посевах гороха (45 дней после обработки, контроль), Волгоградская область 2012.

5.2. Оценка биологической эффективности препарата Парадокс, ВРК в посевах сои

Первым регионом проведения исследований биологической эффективности гербицидного препарата Парадокс был Алтайский край, г. Барнаул, опытное поле Алтайского НИИСХ. Почвенно-климатическая зона I – подзолистых и дерново-подзолистых почв таежно-лесной области. Расход рабочей жидкости 200 л/га, нормы применения 0,25 и 0,35 л/га, однократная обработка. Учет сорной растительности перед обработкой, через 30 и 45 дней. Сорт – Нива 70, фаза развития культурных растений в момент обработки – 2 – 3 настоящих листа, сорных растений 3 – 4 и 4 – 6 листьев. Предшественник – пшеница яровая. В 2012 году все лето было засушливым. Условия были неблагоприятными как для культурных, так и сорных растений, а урожайность сои была невысокой. Исследуемый гербицидный препарат Парадокс, ВРК подавлял все виды однолетних злаковых и двудольных сорных растений. С увеличением нормы применения степень подавления увеличивалась. Использование препарата было безопасным для защищаемой культуры.

Изучение биологической эффективности гербицидного препарата Парадокс, ВРК в 2013 году осуществляли на сорте – Алтом, фаза развития культурных растений в момент обработки – 2 настоящих листа, сорных растений 2 – 4 листа. Как показали визуальные обследования, первые признаки действия гербицида на сорняки проявились в виде остановки роста. В дальнейшем наступал хлороз и некроз листьев, после чего сорняки погибали. Снижение общего количества сорных растений при применении 0,25 л/га гербицидного препарата Парадокс, ВРК составило 86% при первом учете и 90% при втором. Снижение массы сорных растений достигало 89,9% и 91,8% соответственно, увеличение нормы применения препарата способствовало повышению его эффективности и достигало 96% и снижение массы сорняков до 93,4%. Подавляющее большинство видов сорных растений проявили к гербициду Парадокс, ВРК высокую степень чувствительности, а

использование препарата было безопасным для культуры. Результаты исследований гербицидного препарата Парадокс, ВРК в Алтайском крае представлены в таблице 12.

Таблица 12 – Влияние гербицида Парадокс, ВРК на общую засоренность посевов сои (Алтайский край)

Варианты опыта	Даты учетов	Количество сорных растений		Масса сорных растений		Средняя урожайность, % к контролю
		Экз./м ²	Снижение, % к контролю	г/м ²	Снижение, % к контролю	
2012 год						
Парадокс, ВРК – 0,25 л/га	02.08	35	84,2	80	80,4	136,2
	17.08	39	81,6	92	77,4	
Парадокс, ВРК – 0,35 л/га	02.08	13	94,1	27	93,4	170,2
	17.08	17	92,0	39	90,4	
Пульсар, ВР – 0,75 л/га	02.08	29	86,9	58	85,8	140,4
	17.08	32	84,9	78	80,9	
Пульсар, ВР – 1,0 л/га	02.08	14	93,7	30	92,6	176,6
	17.08	15	92,9	42	89,7	
Контроль	2.07	310	-	-	-	4,7 ц/га
	02.08	221	-	408	-	НСР ₀₅
	17.08	212	-	408	-	1,1 ц/га
Предшественник			Пшеница яровая			
Сорт			«Нива 70»			
Фаза развития			2 – 3 листа			
2013 год						
Парадокс, ВРК – 0,25 л/га	29.07	15	86	47	89,9	144
	12.08	9	90	52	91,8	
Парадокс, ВРК – 0,35 л/га	29.07	7	94	29	93,8	167
	12.08	4	96	42	93,4	
Пульсар, ВР – 0,75 л/га	29.07	5	95	14	97,0	152
	12.08	3	97	30	95,3	
Пульсар, ВР – 1,0 л/га	29.07	2	98	4	99,1	164
	12.08	5	94	10	98,4	
Контроль	27.06	147	-	-	-	6,1 ц/га
	29.07	110	-	464	-	НСР ₀₅
	12.08	90	-	633	-	1,7 ц/га
Предшественник			Пшеница яровая			
Сорт			Алтом			
Фаза развития			2 листа			

Испытания во второй почвенно-климатической зоне, черноземов лесостепной и степной областей проводили в Белгородской области (Белгородский район, п. Майский, опытные поля «БелГСХА им. В. Я. Горина»). Расход рабочей жидкости 250 л/га, нормы применения 0,25 и 0,35 л/га, однократная обработка. Учет сорной растительности до внесения гербицида, через 30 и 45 дней после обработки.

В 2012 году исследования биологической эффективности гербицидного препарата Парадокс, ВРК проводили на сое сорта «Аннушка», фаза развития растений в момент обработки – 1 настоящий тройчатый лист, предшественник – пшеница озимая. Первые признаки действия гербицидного препарата Парадокс, ВРК, выразившиеся в хлорозе листьев сорняков были визуально отмечены через два дня после обработки. Спустя 30 дней после обработки снижение количества сорняков на обработанных участках практически достигало 79,5% для 0,25 л/га и 84,4% для 0,35 л/га, но ко второму учету эффективность исследуемого препарата возросла до 91% и 97,4% соответственно. Высокая восприимчивость к гербициду была замечена у таких сорных растений как: *марь белая*, *щирца*, *щетинник сизый*, *горец развесистый*, в целом, высокая биологическая эффективность в отношении двудольных сорняков составляла около 100%, а злаковых 95%. Препарат был безопасным для защищаемой культуры.

Изучение биологической эффективности препарата Парадокс, ВРК в 2013 году проводили на сорте «Ланцетная», фаза развития растений в момент обработки – 1 настоящий лист, предшественник – пшеница озимая. Через месяц после внесения гербицидного препарата Парадокс, ВРК однолетние двудольные сорняки полностью погибли (*подмаренник цепкий*, *марь белая*, *щирца запрокинутая*, *чистец однолетний* и *фиалка полевая*). Эффективность препарата была на уровне 62%, но ко второму учету было замечено значительное увеличение эффективности (до 87,7% и 96,7%) при нормах применения 0,25 л/га и 0,35 л/га соответственно. Результаты исследований

гербицидного препарата Парадокс, ВРК в Белгородской области представлены в таблице 13.

Таблица 13 – Влияние гербицида Парадокс, ВРК на общую засоренность посевов сои (Белгородская область)

Варианты опыта	Даты учетов	Количество сорных растений		Масса сорных растений		Средняя урожайность, % к контролю
		Экз./м ²	Снижение, % к контролю	г/м ²	Снижение, % к контролю	
2012 год						
Парадокс, ВРК – 0,25 л/га	27.06	25	79,5	42	94,8	130,9
	12.07	11	91,0	23	98,5	
Парадокс, ВРК – 0,35 л/га	27.06	19	84,4	26	96,8	129,2
	12.07	4	97,4	7	99,5	
Пульсар, ВР – 0,75 л/га	27.06	24	80,3	43	94,7	129,8
	12.07	8	94,2	13	99,4	
Пульсар, ВР – 1,0 л/га	27.06	10	91,8	8	99,0	128,0
	12.07	2	98,3	3	99,8	
Контроль	27.06	122		814		16,8 ц/га
	12.07	119	-	1555	-	НСР ₀₅
	-	-	-	-	-	1,0 ц/га
Предшественник			Пшеница озимая			
Сорт			«Аннушка»			
Фаза развития			1 настоящий тройчатый лист			
2013 год						
Парадокс, ВРК – 0,25 л/га	26.06	30	62,9	87	86,0	136,2
	11.07	11	87,7	116,5	84,8	
Парадокс, ВРК – 0,35 л/га	26.06	12	85,1	21	96,6	140,9
	11.07	3	96,7	46	96,2	
Пульсар, ВР – 0,75 л/га	26.06	11	86,4	18	97,1	139,6
	11.07	4	95,6	8,2	98,9	
Пульсар, ВР – 1,0 л/га	26.06	3	92,3	0,5	99,9	147,0
	11.07	1	98,9	1	99,9	
Контроль	26.06	81	-	622	-	14,9 ц/га
	11.07	90	-	769	-	НСР ₀₅
	-	-	-	-	-	1,4 ц/га
Предшественник			Пшеница озимая			
Сорт			«Ланцетная»			
Фаза развития			1 настоящий тройчатый лист			

В Волгоградской области испытания проводили в Ставропольском районе, село Черebaево, ИП «Шуева В.М.» на посевах сои сорта «Бара», расход рабочей жидкости 250 л/га, норма применения 0,25 и 0,35 л/га, однократная обработка. Учет сорной растительности проводили перед обработкой и через 30 и 47 дней после неё. Фаза развития растений в момент обработки – 1 настоящий тройчатый лист, предшественник – ячмень яровой.

При проведении исследований в 2012 году исходная засоренность полевого участка достигала 56 экз./м². Биологическая эффективность гербицида Парадокс, ВРК была высокой. Снижение засоренности через 30 дней после обработки составляло 90,3 – 93,5%. Соответственно эффективным было и снижение массы сорняков. Все сорные растения проявили высокую чувствительность к исследуемому гербицидному препарату. Действие препарата Парадокс, ВРК продолжалось до конца вегетации сои. К периоду второго учета опытные варианты были на 81,8 – 87,9% чище контроля, где к тому времени на одном квадратном метре поля насчитывалось до 66 экземпляров сорняков.

В 2013 году исходная засоренность опытного участка достигала 68 экз./м², в посевах сои были распространены как однолетние двудольные (*щирица запрокинутая, марь белая*), так и однолетние злаковые сорняки (*щетинник сизый и куриное просо*). Применение препарата Парадокс, ВРК было высокоэффективным. Снижение засоренности через 31 день после внесения 0,25 и 0,35 л/га этого препарата составляло 90,3% и 97,2%. Эффективным было и снижение массы сорняков. Через 46 дней после обработки варианты с гербицидом Парадокс, ВРК были на 88 – 92% чище контроля. Все присутствующие в посевах сои сорняки проявили к гербициду высокую чувствительность, а использование препарата было безопасным для защищаемой культуры. Результаты исследований гербицидного препарата Парадокс, ВРК в Волгоградской области представлены в таблице 14 и рисунках 47 и 48.

Таблица 14 – Влияние гербицида Парадокс, ВРК на общую засоренность посевов сои (Волгоградская область)

Варианты опыта	Даты учетов	Количество сорных растений		Масса сорных растений		Средняя урожайность, % к контролю
		Экз./м ²	Снижение, % к контролю	г/м ²	Снижение, % к контролю	
2012 год						
Парадокс, ВРК – 0,25 л/га	20.07	6	90,3	9	95,6	117,4
	6.08	12	81,8	40	91,2	
Парадокс, ВРК – 0,35 л/га	20.07	4	93,5	7	95,6	117,9
	6.08	8	87,9	25	94,5	
Пульсар, ВР – 0,75 л/га	20.07	8	87,1	13	93,6	114,7
	6.08	13	80,3	40	91,2	
Пульсар, ВР – 1,0 л/га	20.07	5	91,9	10	95,1	116,8
	6.08	10	84,8	32	93,0	
Контроль	20.07	62	-	205	-	18,4 ц/га
	6.08	66	-	455	-	НСР ₀₅
	-	-	-	-	-	1,1 ц/га
Предшественник			Ячмень яровой			
Сорт			«Бара»			
Фаза развития			1 – 3 настоящих листа			
2013 год						
Парадокс, ВРК – 0,25 л/га	08.07	7	90,3	39	96,3	130,3
	23.07	9	88,5	140	92,0	
Парадокс, ВРК – 0,35 л/га	08.07	2	97,2	20	98,1	134,5
	23.07	6	92,3	99	94,4	
Пульсар, ВР – 0,75 л/га	08.07	6	91,2	39	96,3	129,1
	23.07	12	84,6	154	91,2	
Пульсар, ВР – 1,0 л/га	08.07	3	95,8	19	98,2	137,4
	23.07	9	88,5	98	94,4	
Контроль	08.07	72	-	1064	-	16,5 ц/га
	23.07	78	-	1755	-	НСР ₀₅
	-	-	-	-	-	1,9 ц/га
Предшественник			Ячмень яровой			
Сорт			«Бара»			
Фаза развития			1 – 3 настоящих листа			



Рис. 47 – Биологическая эффективность препарата Парадокс, ВРК (120 г/л имазамокса) на посевах сои (45 дней после обработки норма применения 0,35 л/га), Волгоградская область 2013.



Рис. 48 – Биологическая эффективность препарата Парадокс, ВРК (120 г/л имазамокса) на посевах сои (45 дней после обработки, контроль), Волгоградская область 2013.

5.3 Оценка биологической эффективности препарата Парадокс, ВРК в посевах подсолнечника

Исследования биологической эффективности гербицидного препарата Парадокс, ВРК на устойчивых к имидазолинонам гибридах подсолнечника проводили в 2012 – 2013 годах в различных регионах нашей страны. В качестве эталона применялся препарат Евро-Лайтнинг (BASF 15 г/л имазапира, 33 г/л имазамокса).

Почвенно-климатическая зона I – подзолистых и дерново-подзолистых почв таежно-лесной области. Изучение оценки биологической эффективности препарата Парадокс, ВРК проводили в Алтайском крае (опытное поле Алтайского НИИСХ). Опыт проводился на посевах гибрида подсолнечника ЕС Флоримис, устойчивого к имидазолинонам, фаза развития растений в момент обработки – 4 – 6 настоящих листьев, предшественник – пшеница яровая, учет сорной растительности перед обработкой, через 31 и 46 дней после обработки, расход рабочей жидкости 200 л/га.

Перед проведением обработки среди видов сорных растений наиболее часто встречались *просо сорное*, *просо куриное*, *марь белая*, *гречишка вьюнковая*, *бодяк щетинистый*. 2012 год был более засушливым, выпадение осадков наблюдалось через 9 дней. В варианте с внесением 0,3 л/га исследуемого препарата Парадокс, ВРК снижение общего количества сорняков достигало 57 – 83%, снижение массы – 78 – 84%. Увеличение нормы применения приводило к увеличению эффективности не менее 90%. Наиболее чувствительными к гербициду оказались *гречишка вьюнковая* и *пикульник двураздельный*. Результаты исследований 2013 года показали более высокую эффективность гербицидного препарата Парадокс, ВРК на протяжении всего защитного периода.

Результаты исследований гербицидного препарата Парадокс, ВРК в Алтайском крае представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Влияние гербицида Парадокс, ВРК на общую засоренность посевов подсолнечника (Алтайский край)

Варианты опыта	Даты учетов	Количество сорных растений		Масса сорных растений		Средняя урожайность, % к контролю
		Экз./м ²	Снижение, % к контролю	г/м ²	Снижение, % к контролю	
2012 год						
Парадокс, ВРК – 0,3 л/га	23.07	24	83	59	84	133
	7.08	26	57	84	78	
Парадокс, ВРК – 0,4 л/га	23.07	8	93	19	95	139
	7.08	11	90	27	93	
Евро-Лайтнинг, ВРК 1,2 л/га	23.07	0	100	0	100	153
	7.08	0	100	0	100	
Контроль	22.06	129	-	-	-	5,4 ц/га
	23.07	139	-	376	-	НСР ₀₅
	7.08	110	-	383	-	1,6 ц/га
Предшественник			Пшеница яровая			
Сорт			Гибрид ЕС Флоримис			
Фаза развития			4 – 6 настоящих листьев			
2013 год						
Парадокс, ВРК – 0,3 л/га	22.07	11	96	36	97	130
	5.08	10	95	27	97	
Парадокс, ВРК – 0,4 л/га	22.07	4	98	14	99	142
	5.08	6	97	13	99	
Евро-Лайтнинг, ВРК 1,2 л/га	22.07	6	98	8	99	143
	5.08	4	98	6	99	
Контроль	20.06	233	-	-	-	14,1 ц/га
	22.07	261	-	1050	-	НСР ₀₅
	5.08	214	-	970	-	2,6 ц/га
Предшественник			Пшеница яровая			
Сорт			Гибрид ЕС Флоримис			
Фаза развития			4 – 6 настоящих листьев			

В Тамбовской области (II почвенно-климатическая зона) оценку эффективности гербицида Парадокс, ВРК проводили на устойчивом к имидазолинонам гибриде, ЕС Флоримис, в Мичуринском районе, фаза развития растений в момент обработки – 4 – 5 настоящих листьев. В 2012 году опыт проведен на полях КФХ «ИП Каширин», в 2013 году – КФХ «Деметра»,

предшественник – пшеница яровая, норма применения 0,3 и 0,4 л/га, расход рабочей жидкости 300 л/га, однократная обработка. Учет сорной растительности перед обработкой, через 30 и 45 дней после обработки. Результаты исследований гербицидного препарата Парадокс, ВРК в Тамбовской области представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Влияние гербицида Парадокс, ВРК на общую засоренность посевов подсолнечника (Тамбовская область)

Варианты опыта	Даты учетов	Количество сорных растений		Масса сорных растений		Средняя урожайность, % к контролю
		Экз./м ²	Снижение, % к контролю	г/м ²	Снижение, % к контролю	
2012 год (КФХ «ИП Каширин»)						
Парадокс, ВРК – 0,3 л/га	17.07	20,2	87,7	88	88,6	122,4
	1.08	22,5	87,0	101	88,2	
Парадокс, ВРК – 0,4 л/га	17.07	18,2	88,5	79	89,8	123,6
	1.08	21,0	87,9	92	89,2	
Евро-Лайтнинг, ВРК 1,2 л/га	17.07	7,2	95,3	34	95,6	127,6
	1.08	8,2	95,2	41	95,2	
Контроль	17.06	129,5	-	-	-	17,4 ц/га
	17.07	158,0	-	771	-	НСР ₀₅
	1.08	173,5	-	856	-	2,7 ц/га
Предшественник			Пшеница яровая			
Сорт			Гибрид ЕС Флоримис			
Фаза развития			4 – 5 настоящих листьев			
2013 год (КФХ «Деметра»)						
Парадокс, ВРК – 0,3 л/га	18.06	26,8	84,2	112	85,1	121,5
	3.07	31,3	83,3	137	84,3	
Парадокс, ВРК – 0,4 л/га	18.06	25,3	85,7	103	86,3	123,5
	3.07	28,8	84,7	126	85,6	
Евро-Лайтнинг, ВРК 1,2 л/га	18.06	9,8	94,6	38	94,9	127,0
	3.07	12,0	93,6	52	94,0	
Контроль	18.05	156	-	-	-	18,1 ц/га
	18.06	174,3	-	750	-	НСР ₀₅
	3.07	187,5	-	872	-	2,3 ц/га
Предшественник			Ячмень яровой			
Сорт			Гибрид ЕС Флоримис			
Фаза развития			4 – 5 настоящих листьев			

При исследованиях 2012 года в вариантах с нормой применения 0,3 л/га препарата, эффективность была не ниже 87%, снижение массы сорных растений 88,2-88,6%, увеличение нормы применения не сильно повлияло на усиление эффекта, но, в целом, гербицидное действие препарата Парадокс, ВРК было на высоком уровне.

В 2013 году снижение общего количества сорных растений в вариантах с внесением 0,3 и 0,4 л/га гербицида Парадокс, ВРК составляло от 83,3 до 85,7%, снижение массы сорняков не менее 84%. Наиболее эффективно гербицид подавлял растения горчицы полевой. Против остальных сорняков эффективность составила 80 – 90%.

Испытания в Камызякском районе Астраханской области, проводили на полях ООО «Надежда-2» в 2012 и 2013 годах на посевах подсолнечника, гибрида ЕС Флоримис, устойчивом к имидазолинонам. Фаза развития растений в момент обработки – 4 – 5 настоящих листьев, предшественник – картофель, норма применения 0,3 и 0,4 л/га, расход рабочей жидкости 300 л/га, однократная обработка. Учет сорной растительности перед обработкой, через 30 и 45 дней после обработки.

Несмотря на то, что исходная засоренность участков была довольно высокой, а растения набрали серьезную массу, применение гербицидов оказало существенное влияние на засоренность посевов. В обработанных препаратом Парадокс, ВРК участках снижение количества сорных растений в вариантах 0.3 л/га ко второму учету достигало 64,5%, снижение массы 61,8%. Увеличение нормы применения до 0.4 л/га позволило добиться эффективности 76,8% и снижения массы сорняков до 74%. Преобладающие в посевах *паслен черный*, *портулак огородный* и *куриное просо* оказались наиболее устойчивым к действию гербицидов, что и отразилось на общей оценке эффективности. Результаты исследований гербицидного препарата Парадокс, ВРК в Астраханской области представлены в таблице 17 и рисунках 49 и 50.

Таблица 17 – Влияние гербицида Парадокс, ВРК на общую засоренность посевов подсолнечника (Астраханская область)

Варианты опыта	Даты учетов	Количество сорных растений		Масса сорных растений		Средняя урожайность, % к контролю
		Экз./м ²	Снижение, % к контролю	г/м ²	Снижение, % к контролю	
2012 год						
Парадокс, ВРК – 0,3 л/га	15.07	62	56,9	1400	58,2	118,8
	30.07	43	64,5	810	61,8	
Парадокс, ВРК – 0,4 л/га	15.07	34	76,4	1040	69,0	128,5
	30.07	28	76,8	550	74,1	
Евро-Лайтнинг, ВРК 1,2 л/га	15.07	40	72,2	1010	69,8	131,7
	30.07	32	73,5	630	70,3	
Контроль	15.06	102	-	-	-	18,6 ц/га
	15.07	144	-	3350	-	НСР ₀₅
	30.07	121	-	2120	-	4,0 ц/га
Предшественник			Картофель			
Сорт			Гибрид ЕС Флоримис			
Фаза развития			4 – 5 настоящих листьев			
2013 год						
Парадокс, ВРК – 0,3 л/га	06.07	144	39,0	1735	57,5	114,1
	21.07	173	54,8	1890	79,7	
Парадокс, ВРК – 0,4 л/га	06.07	108	54,2	680	83,3	122,0
	21.07	143	62,7	1160	87,6	
Евро-Лайтнинг, ВРК 1,2 л/га	06.07	53	77,5	385	90,6	134,5
	21.07	72	81,2	375	96,0	
Контроль	06.06	133	-	-	-	17,7 ц/га
	06.07	236	-	4080	-	НСР ₀₅
	21.07	383	-	9330	-	3,9 ц/га
Предшественник			Ячмень яровой			
Сорт			Гибрид ЕС Флоримис			
Фаза развития			4 – 5 настоящих листьев			



Рис. 49 – Биологическая эффективность препарата Парадокс, ВРК (120 г/л имазамокса) на посевах подсолнечника (45 дней после обработки норма применения 0,4 л/га), Астраханская область 2013.



Рис. 50 – Биологическая эффективность препарата Парадокс, ВРК (120 г/л имазамокса) на посевах подсолнечника (контроль 45 дней после обработки), Астраханская область 2013.

5.4. Оценка биологической эффективности препарата Парадокс в посевах рапса

Испытания на устойчивом к имидазолинонам гибриде рапса ярового – Сальса КЛ проводили в Малоярославецком районе Калужской области на полях ОАО «Родина». Почвенно-климатическая зона I – подзолистых и дерново-подзолистых почв таежно-лесной области. Фаза развития растений в момент обработки – 4 – 5 настоящих листьев, предшественник – пшеница яровая, норма применения 0,3 и 0,4 л/га, расход рабочей жидкости 300 л/га, однократная обработка. Учет сорной растительности перед обработкой, через 30 и 45 дней после обработки.

По результатам исследований 2012 года эффективность гербицидного препарата Парадокс, ВРК по показателю снижения количества сорняков достигала 83%. Снижение массы сорняков к контролю 88%.

В 2013 году в качестве эталонного препарата была использована баковая смесь гербицида Нопасаран, КС (25 г/л имазамокса + 375 г/л метазахлора) с ПАВом ДАШ. Исходная засоренность посевов рапса ярового составляла в среднем 104 экз./м². Доля злаковых около 50% (преимущественно *куриное просо*). Снижение общего количества сорных растений при внесении 0,3 л/га гербицида Парадокс, ВРК составляло 81,6 – 89,5%, снижение массы сорняков 81,0 – 89,1%. Повышение нормы применения исследуемого препарата до 0,4 л/га способствовало увеличению его эффективности до 91,1% и снижению массы сорной растительности до 92,5%.

Результаты исследований гербицидного препарата Парадокс, ВРК в Калужской области представлены в таблице 18 рисунках 51 и 52.

Таблица 18 – Влияние гербицида Парадокс, ВРК на общую засоренность посевов рапса (Калужская область)

Варианты опыта	Даты учетов	Количество сорных растений		Масса сорных растений		Средняя урожайность, % к контролю
		Экз./м ²	Снижение, % к контролю	г/м ²	Снижение, % к контролю	
2012 год						
Парадокс, ВРК – 0,3 л/га	24.06	31	70,5	48,1	75,1	103,3
	09.07	27	73,0	49,6	79,4	
Парадокс, ВРК – 0,4 л/га	24.06	22	79,0	29,5	84,7	104,8
	09.07	17	83,0	28,6	88,1	
Евро-Лайтнинг, ВРК 1,2 л/га	24.06	14	86,7	23,8	87,6	106,8
	09.07	9	91,7	13,3	94,6	
Контроль	25.05	68	-	-	-	9,9 ц/га
	24.06	105	-	192,8	-	НСР ₀₅
	09.07	100	-	240,3	-	0,3 ц/га
Предшественник		Пшеница озимая				
Сорт		Сальса КЛ				
Фаза развития		4 – 5 настоящих листьев				
2013 год						
Парадокс, ВРК – 0,3 л/га	06.07	23	81,6	42,6	81,0	105,5
	21.07	13	89,5	33,1	89,1	
Парадокс, ВРК – 0,4 л/га	06.07	15	88,0	16,8	92,5	108,9
	21.07	11	91,1	25,3	91,7	
Нопасаран, КС + ДАШ 0,8 л/га + 0,5%	06.07	11	91,2	23,3	89,6	105,8
	21.07	10	91,9	26,6	91,2	
Нопасаран, КС + ДАШ 1,2 л/га + 0,5%	06.07	8	93,6	12,8	94,3	107,8
	21.07	3	97,6	6,8	97,8	
Контроль	07.06	104	-	-	-	9,0 ц/га
	06.07	125	-	224,6	-	НСР ₀₅
	21.07	124	-	304,1	-	0,5 ц/га
Предшественник		Пшеница озимая				
Сорт		Сальса КЛ				
Фаза развития		4 – 5 настоящих листьев				



Рис. 51 – Биологическая эффективность препарата Парадокс, ВРК (120 г/л имазамокса) на посевах рапса (45 дней после обработки норма применения 0,4 л/га), Калужская область 2013.

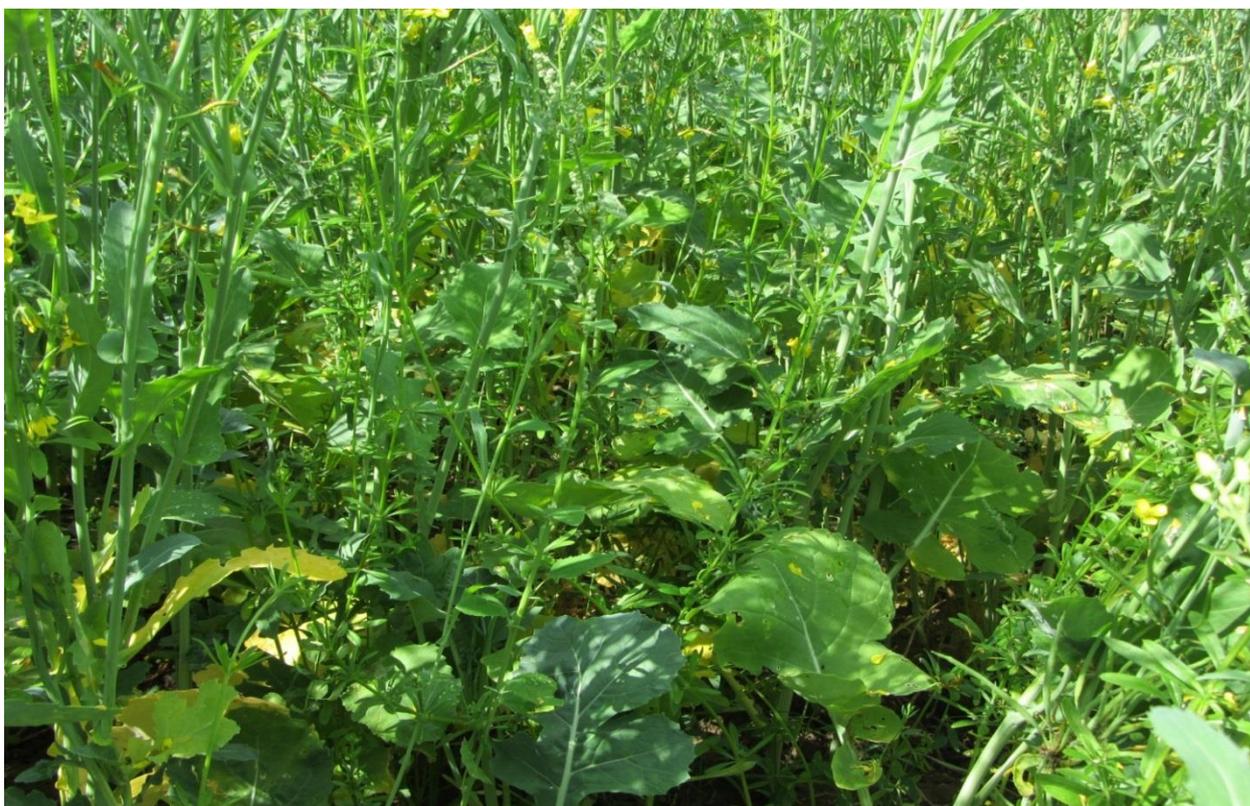


Рис. 52 – Биологическая эффективность препарата Парадокс, ВРК (120 г/л имазамокса) на посевах рапса (Контроль 45 дней после обработки), Калужская область 2013.

В Белгородской области (Белгородский район, п. Майский, опытные поля ФГБОУ «БелГСХА им. В. Я. Горина») изучение эффективности препарата оценивали на посевах рапса гибрида Сальса КЛ, устойчивого к имидазолинонам. Фаза развития растений в момент обработки – 4 настоящих листа, предшественник – пшеница озимая, норма применения 0,3 и 0,4 л/га, расход рабочей жидкости 250 л/га, однократная обработка. Учет сорной растительности перед обработкой (визуально), через 30 и 45 дней после обработки.

В регионе проведения исследований вегетационный период 2012 года оказался довольно засушливый, отсутствие существенных осадков могло повлиять, как на биологическую эффективность, так и на урожайность. Через 30 дней после обработки двудольных сорных растений в варианте с применением 0,4 л/га гербицида Парадокс, ВРК обнаружено не было. Снижение количества злаковых сорняков, также составляло 100% относительно контроля. Наиболее устойчивым к действию гербицидов, в норме 0,3 л/га было куриное просо.

В 2013 году при исследованиях биологической эффективности препарата Парадокс, ВРК на устойчивых к имидазолинонам гибридах рапса в качестве эталонного препарата использовался комбинированный препарат Нопасаран, КС (25 г/л имазамокса + 375 г/л метазахлора, BASF) в баковой смеси с адъювантом ДАШ в количестве 0.5% от объема рабочей жидкости. Посевы рапса ярового были в сильной степени засорены куриным просом (в среднем 97 экз./м²) и щирицей запрокинутой (72 экз./м²). Численность остальных сорняков в совокупности по видам составляла от 3 до 13 экз./м². Уже через 30 дней после обработки практически все однолетние двудольные сорняки погибли, при этом наиболее устойчивым к действию препарата оказалось куриное просо, что повлияло на общий результат испытаний (снижение количества 76,1 % и 83 % снижение массы сорняков). Результаты

исследований гербицидного препарата Парадокс, ВРК в Белгородской области представлены в таблице 19.

Таблица 19 – Влияние гербицида Парадокс, ВРК на общую засоренность посевов рапса (Белгородская область)

Варианты опыта	Даты учетов	Количество сорных растений		Масса сорных растений		Средняя урожайность, % к контролю
		Экз./м ²	Снижение, % к контролю	г/м ²	Снижение, % к контролю	
2012 год						
Парадокс, ВРК – 0,3 л/га	22.06	16	68,0	101	71,4	188,9
	07.07	5	75,0	67	87,0	
Парадокс, ВРК – 0,4 л/га	22.06	0	100	0	100	248,9
	07.07	0	100	0	100	
Евро-Лайтнинг, ВРК 1,2 л/га	22.06	0	100	57	83,8	268,9
	07.07	0	100	0	100	
Контроль	22.06	50	-	353	-	4,5 ц/га
	07.07	20	-	517	-	НСР ₀₅
	-	-	-	-	-	0,9 ц/га
Предшественник			Пшеница озимая			
Сорт			Сальса КЛ			
Фаза развития			4 настоящих листа			
2013 год						
Парадокс, ВРК – 0,3 л/га	18.06	140	62,3	360	76,5	237,5
	03.07	110	64,5	433	80,7	
Парадокс, ВРК – 0,4 л/га	18.06	97	73,8	339	77,8	243,7
	03.07	74	76,1	381	83,0	
Нопасаран, КС + ДАШ 0,8 л/га + 0,5%	18.06	126	66,0	91	94,0	250,0
	03.07	25	91,9	34	98,5	
Нопасаран, КС + ДАШ 1,2 л/га + 0,5%	18.06	20	94,6	19	98,8	243,7
	03.07	3	99,0	5	99,8	
Контроль	18.06	371	-	1529	-	1,6 ц/га
	03.07	310	-	2245	-	НСР ₀₅
	-	-	-	-	-	0,6 ц/га
Предшественник			Пшеница яровая			
Сорт			Сальса КЛ			
Фаза развития			4 настоящих листа			

Исследования биологической эффективности гербицидного препарата Парадокс, ВРК, в зоне каштановых почв сухостепной области (III зона) проводили в Волгоградской области, на устойчивом к имидазолинонам гибриде – Сальса КЛ. ИП «Шуева В.М.», село Черebaево, фаза развития растений в момент обработки – 3 – 5 настоящих листьев, предшественник – пшеница озимая, норма применения 0,3 и 0,4 л/га, расход рабочей жидкости 250 л/га, однократная обработка. Учет сорной растительности перед обработкой, через 30 и 45 дней после обработки.

В 2012 году исходная засоренность опытного участка была высокой (до 75 экз./м²). В посевах преобладали однолетние двудольные (*щирца запрокинутая* и *марь белая*) и однолетние злаковые (*щетинник сизый*, *куриное просо*) сорняки. Биологическая эффективность гербицида Парадокс, ВРК была высокой и достигала – 94,1% относительно контроля. Соответственно высоким было и снижение массы сорняков, до 97,2%.

В исследованиях биологической эффективности препарата Парадокс, ВРК 2013 года в качестве эталонного препарата использовался комбинированный препарат Нопасаран, КС (25 г/л имазаокса + 375 г/л метазахлора, BASF) в баковой смеси с адьювантом ДАШ в количестве 0,5% от объема рабочей жидкости.

Применение гербицидного препарата Парадокс, ВРК в обеих дозировках было эффективным. Снижение засоренности посевов ярового рапса составляло от 85,9% до 95,5%. Эффективным было и снижение массы сорняков (88,8-96,6%). Все распространенные в посевах сорняки (*щирца запрокинутая*, *марь белая*, *гречишка вьюнковая*, *щетинник сизый* и *куриное просо*) проявили высокую чувствительность к гербициду.

Результаты исследований гербицидного препарата Парадокс, ВРК в Волгоградской области представлены в таблице 20.

Таблица 20 – Влияние гербицида Парадокс, ВРК на общую засоренность посевов рапса (Волгоградская область)

Варианты опыта	Даты учетов	Количество сорных растений		Масса сорных растений		Средняя урожайность, % к контролю
		Экз./м ²	Снижение, % к контролю	г/м ²	Снижение, % к контролю	
2012 год						
Парадокс, ВРК – 0,3 л/га	04.07	5	94,1	11	96,6	117,7
	19.07	16	83,2	46	91,7	
Парадокс, ВРК – 0,4 л/га	04.07	6	92,9	9	97,2	119,3
	19.07	13	86,3	34	93,9	
Евро-Лайтнинг, ВРК 1,2 л/га	04.07	8	90,6	14	95,6	121,0
	19.07	15	84,2	49	91,2	
Контроль	04.07	85	-	320	-	18,1 ц/га
	19.07	95	-	557	-	НСР ₀₅
	-	-	-	-	-	1,0 ц/га
Предшественник			Суданка			
Сорт			Сальса КЛ			
Фаза развития			3 – 5 настоящих листьев			
2013 год						
Парадокс, ВРК – 0,3 л/га	27.06	6	91,0	27	95,2	120,5
	12.07	10	85,9	108	88,8	
Парадокс, ВРК – 0,4 л/га	27.06	3	95,5	19	96,6	122,6
	12.07	6	91,5	78	91,9	
Нопасаран, КС + ДАШ 0,8 л/га + 0,5%	27.06	4	94,0	9	98,4	125,1
	12.07	7	90,1	53	94,5	
Нопасаран, КС + ДАШ 1,2 л/га + 0,5%	27.06	2	97,0	4	99,3	123,1
	12.07	5	93,0	37	96,2	
Контроль	27.06	67	-	558	-	19,5 ц/га
	12.07	71	-	964	-	НСР ₀₅
	-	-	-	-	-	1,5 ц/га
Предшественник			Ячмень яровой			
Сорт			Сальса КЛ			
Фаза развития			3 – 5 настоящих листьев			

5.5 Возможность комбинации препарата Парадокс с препаратом Грейдер, ВГР (250 г/л имазапира)

При испытаниях гербицида на сое и горохе, в качестве эталона был взят препарат аналогичного действия, содержащий имазамокс – Пульсар, ВР (BASF, 40 г/л имазамокса). Препарат Парадокс, ВРК практически во всех случаях, по своей биологической эффективности не уступал эталону в эквивалентных нормах применения. При испытаниях на устойчивых к имидазолинонам гибридах подсолнечника и рапса, Парадокс, ВРК сравнивали с комбинированным препаратом Евро-Лайтнинг (BASF 15г/л имазапира, 33 г/л имазамокса), содержащим, как селективный имазамокс, так и сплошного действия имазапир. Стоит отметить, что эффективность имазапира в сравнении с имазамоксом значительно выше, но он не обладает селективностью. Достижение близкой к Евро-Лайтнингу биологической эффективности, при условии селективности имазамокса и более быстрой деактивации молекулы, является преимуществом препарата Парадокс, ВРК. С другой стороны, есть возможность использовать подобные комбинации действующих веществ, применяя отечественные препараты – Грейдер, ВГР (ЗАО Фирма «Август», 250 г/л имазапира) и Парадокс, ВРК (120 г/л имазамокса).

Тесты на совместимость препаратов проводили в лабораторных условиях. Рабочие растворы препаратов в требуемых нормах применения были стабильны, расслоение или выделения твердых частиц не наблюдалось. Рабочие растворы были устойчивы в температурном интервале от +5 до +30°С, в водах различной жесткости.

Опыты были поставлены не только на яровом рапсе в период вегетации, но и на озимом. Исследования проводили в Краснодарском крае (опытное поле ВНИИБЗР) в период с конца сентября 2012 года по июнь 2013. Обработку (варианты внесения осенью и весной) проводили как до всходов культуры, так и по вегетации (фаза 4-х листьев). В качестве эталонных препаратов в опытах

были использованы Бутизан 400, КС (400 г/л метазахлора, BASF) и Евро-Лайтнинг, ВРК (33 г/л имазамокса + 15 г/л имазапира, BASF). Норма применения рабочей жидкости 200 л/га. Предшественник пшеница озимая, учет сорной растительности проводили перед обработкой, через 30 дней после обработки, весной при возобновлении вегетации и перед уборкой урожая. Результаты и нормы применения представлены в таблице 21.

Таблица 21 – Влияние гербицида Парадокс, ВРК на общую засоренность посевов рапса озимого гибрида Сафран (Краснодарский край, 2012 - 2013 год)

Варианты опыта	Даты учетов	Количество сорных растений		Масса сорных растений		Средняя урожайность, % к контролю
		Экз /м ²	Снижение, % к контролю	г/м ²	Снижение, % к контролю	
Парадокс, ВРК – 0,3 л/га	02.12.12	26,6	67,8	10,8	68,7	104,4
	23.04.13	10,2	88,9	61,3	91,5	
	12.06.13	10,7	87,8	-	-	
Парадокс, ВРК – 0,4 л/га	02.12.12	22,4	72,8	8,7	74,8	105,3
	23.04.13	5,8	93,7	31,0	95,7	
	12.06.13	6,3	92,8	-	-	
Парадокс, ВРК + Грейдер, ВГР – 0,3 л/га + 75 мл/га	02.12.12	21,3	74,2	8,2	76,2	106,2
	23.04.13	5,1	94,4	22,4	96,9	
	12.06.13	5,5	93,7	-	-	
Парадокс, ВРК + Грейдер, ВГР – 0,4 л/га + 120 мл/га	02.12.12	16,7	79,8	6,1	82,3	107,5
	23.04.13	0	100	0	100	
	12.06.13	0	100	-	-	
Бутизан 400, КС – 1,5 л/га	02.12.12	24,3	68,2	1,7	70,7	105,8
	23.04.13	9,2	90,0	54,1	92,4	
	12.06.13	10,0	88,6	-	-	
Бутизан 400, КС – 2,0 л/га	02.12.12	20,2	73,6	1,4	75,9	106,7
	23.04.13	4,3	95,3	19,3	97,3	
	12.06.13	5,4	93,8	-	-	
Контроль	30.10.12	76,4	-	5,8	-	22,6 ц/га
	02.12.12	82,5	-	34,5	-	НСР ₀₅ 1,01 ц/га
	23.04.13	91,6	-	721,3	-	
	12.06.13	87,6	-	-	-	

В случае осеннего применения дозировка 0.3 л/га препарата Парадокс, ВРК через 30 дней обеспечивала в среднем 68% снижение числа и 69% уменьшение массы сорняков в сравнении с контролем. Повышение нормы применения препарата до 0,4 л/га приводило к увеличению эффективности до 73 % и 75% по снижению числа и массы сорняков соответственно. Аналогичная эффективность наблюдалась при использовании баковой смеси препаратов Парадокс, ВРК и Грейдер, ВГР (0,3 л/га + 75 мл/га). Увеличение норм применения смеси обеспечивало наибольшую эффективность в опыте. При весеннем учете в варианте с внесением 0.3 л/га препарата Парадокс, ВРК наблюдалось 89% снижение количества и 92% уменьшение массы сорняков. Увеличение нормы применения исследуемого препарата до 0,4 л/га обеспечивало 94-96% эффективность, которая также наблюдалась и при применении баковой смеси препаратов Парадокс, ВРК и Грейдер, ВГР (0.3 л/га + 75 мл/га), а увеличение норм применения этой баковой смеси (0.4 л/га Парадокс, ВРК + 120 мл/га Грейдер, ВГР) обеспечивало 100% эффективность. Применение гербицидов было безопасным для защищаемой культуры.

В варианте с весенним применением препарата Парадокс, ВРК, в качестве эталонного препарата был использован препарат Евро-Лайтнинг, ВРК. Обработку проводили по вегетирующим растениям. Применение 0.3 л/га препарата Парадокс, ВРК обеспечивало в среднем 86-87% снижение количества и 88-90% уменьшение массы сорняков. Повышение нормы применения препарата до 0.4 л/га приводило к увеличению эффективности до 91-92 и 94-96% по снижению количества и массы сорняков соответственно. Баковая смесь исследуемого препарата с гербицидом Грейдер, ВРК в норме применения 0.4 л/га + 120 мл/га давало 100% эффективность и было безопасным для защищаемой культуры. Эффективность препарата Парадокс, ВРК в этих опытах была, практически, на уровне эталонных препаратов.

Результаты исследований гербицидного препарата Парадокс, ВРК в Краснодарском крае представлены в таблице 22.

Таблица 22 – Влияние гербицида Парадокс, ВРК на общую засоренность посевов рапса озимого (Краснодарский край, 2013 год)

Варианты опыта	Даты учетов	Количество сорных растений		Масса сорных растений		Средняя урожайность, % к контролю
		Экз /м ²	Снижение, % к контролю	г/м ²	Снижение, % к контролю	
Парадокс, ВРК – 0,3 л/га	14.04	11,1	86,9	61	89,7	105,3
	29.04	11,7	85,7	98	87,5	
	12.06	12,1	84,5	-	-	
Парадокс, ВРК – 0,4 л/га	14.04	6,9	91,9	26	95,6	106,2
	29.04	7,7	90,6	48	93,9	
	12.06	8,1	89,6	-	-	
Парадокс, ВРК + Грейдер, ВГР – 0,3 л/га + 75 мл/га	14.04	6,1	92,8	19	96,8	106,6
	29.04	6,8	91,7	42	94,6	
	12.06	7,2	90,8	-	-	
Парадокс, ВРК + Грейдер, ВГР – 0,4 л/га + 120 мл/га	14.04	0	100	0	100	107,9
	29.04	0	100	0	100	
	12.06	0	100	-	-	
Евро-Лайтнинг, ВРК – 1,0 л/га	14.04	5,2	93,9	15	97,5	107,0
	29.04	5,8	92,9	34	95,7	
	12.06	6,2	92,0	-	-	
Евро-Лайтнинг, ВРК – 1,2 л/га	14.04	0	100	0	100	107,5
	29.04	0	100	0	100	
	12.06	0	100	-	-	
Контроль	14.04	84,9	-	594	-	22,7 ц/га
	29.04	82,1	-	785	-	НСР ₀₅
	12.06	77,8	-	-	-	1,18 ц/га

Заключая раздел, можно отметить следующее:

- В ходе исследований биологической эффективности гербицидного препарата Парадокс, ВРК (120 г/л имазамокса) было показано, что по своей эффективности разработанный отечественный препарат не уступает зарубежному аналогу.
- Большинство видов сорной растительности проявляют высокую чувствительность к гербицидному препарату. А применение комбинации

препаратов Парадокс, ВРК и Грейдер, ВГР позволяет расширить спектр подавляемых видов сорных растений и добиться 100% эффективности.

- Применение препарата в рекомендуемых дозировках было безопасным для защищаемых культур.

- По разработанным регламентам гербицидный препарат Парадокс, ВРК получил государственную регистрацию и был включен в «Список гербицидов и агрохимикатов» разрешенных к применению на территории РФ, свидетельство регистрации № 021-03-342-1 (Рис. 53 – 55, приложения 1 – 3).

6. Оценка эколого-токсикологической безопасности препарата

Важной задачей при применении препарата является обеспечение условий сохранения здоровья людей и окружающей среды. Поэтому на следующем этапе работы необходимо было провести исследования действия разработанного препарата и его рабочего раствора на окружающую среду и теплокровных животных, которые мы провели совместно с институтом им. Эрисмана.

6.1. Исследования воздействия препарата на экологию и класс опасности

Опыты по разложению имазамокса проведены в стандартных лабораторных условиях по международно принятой методике [ОЭСР, 2002]. По классификации стойкости пестицидов в почве имазамокс относится к среднестойким действующим веществам пестицидов. Период полуразложения имазамокса в полевых условиях гораздо меньше и в среднем составляет 14.3 суток, что позволяет классифицировать вещество как малостойкое.

Опыты по сорбции-десорбции имазамокса проведены в стандартных лабораторных условиях по международной принятой схеме [Руководство ЕРА, 1982]. Диапазон свойств почв соответствует большинству сельскохозяйственных почв Российской Федерации. По классификации подвижности пестицидов в почве имазамокс относится к подвижным

действующим веществам пестицидов. Лизиметрические исследования показали, что имазамокс мигрирует за пределы почвенного профиля в количестве более 10%. Таким образом, загрязнение грунтовых вод не исключено.

В лабораторных условиях в водной среде имазамокс является гидролитически устойчивым, но, в то же время, быстро разлагается под действием солнечного света посредством фотолиза. В условиях, приближенных к естественным (система вода/осадок), имазамокс разлагается медленно. Следовательно, возможна аккумуляция вещества на поверхностных водоемах и донных осадках. Имазамокс является нелетучим веществом, в связи с чем, опасность загрязнения атмосферы имазамоксом практически отсутствует.

Прогноз поведения имазамокса в почвах трех климатических зон РФ в условиях применения по регламенту препарата Парадокс, ВРК показал, что через год содержание остаточных количеств имазамокса в пахотном горизонте составляет 21-28% [ВНИИФ, 2005]. Однако, ввиду низких норм применения препарата, аккумуляция значимых количеств имазамокса в почве при применении препарата Парадокс, ВРК на одном и том же поле в течение нескольких лет подряд, практически исключена (через год после применения содержание имазамокса в почве не превышает 4-6 мкг/кг).

Накопление метаболитов в почве практически исключено, содержание их в почве находится ниже предела обнаружения. Результаты моделирования также показали, что имазамокс не обладает способностью к аккумуляции в почве и практически не мигрирует за пределы пахотного горизонта.

При использовании препарата Парадокс, ВРК имазамокса в стоке из почв прогнозируются только в зоне дерново-подзолистых почв (0,0004 мг/л). Учитывая разбавление стока грунтовыми водами, загрязнение последних имазамоксом практически исключено.

Прогнозируемая по модели STEP 2 (Комплекс моделей FOCUS. Стандартный закрытый водоем по сценариям FOCUS STEP 2) максимальная концентрация имазамокса в поверхностных водах не превышает 2.5 мкг/л. Прогноз поведения имазамокса в поверхностных водах с помощью математической модели более высокого уровня (STEP 3, комплекс моделей SWASH) показал, что концентрация вещества не превышает 0,014 мкг/л. Таким образом, загрязнение поверхностных вод имазамоксом практически исключено. Риск загрязнения атмосферного воздуха имазамоксом отсутствует.

Экологическая опасность пестицида проявляется в его способности загрязнять природные среды (почву, воду и воздух) и негативно влиять на нецелевые (полезные) виды организмов. Ниже приведены классы свойств и экологической опасности пестицида, установленные на основании исследований экологической опасности (Табл. 23).

Таблица 23 – Классы свойств и экологической опасности имазамокса и препарата Парадокс, ВРК

Объект/свойство			Класс свойства	Класс опасности
Почва	Стойкость	Имазамокс	Среднестойкое	-
Почва/вода	Подвижность	Имазамокс	Подвижное	-
Воздух	Летучесть	Имазамокс	Нелетучее	-
Млекопитающие		Имазамокс	Практически не токсичное	Не классифицируется
		Препарат	Практически не токсичное	Не классифицируется
Водные организмы	Рыбы	Имазамокс	Практически не токсичное	Не классифицируется
	Зоопланктон	Имазамокс	Практически не токсичное	Не классифицируется
	Водоросли	Имазамокс	Чрезвычайно токсичное	ГОСТ Р 53857-2010
	Высшие водные растения	Имазамокс	Чрезвычайно токсичное	ГОСТ Р 53857-2010

Почвенные организмы (Дождевые черви)		Имазамокс	Слабо токсичное	ГОСТ Р 53857-2010
Птицы	Острая токсичность	Имазамокс	Слабо токсичное	ГОСТ Р 53857-2010
	Диетарная токсичность	Имазамокс	Практически не токсичное	Не классифицируется
Пчелы		Имазамокс	Практически не токсичное	Не классифицируется
		Препарат	Практически не токсичное	3 класс опасности (малоопасный)

Установлено, что применение гербицида ПАРАДОКС, ВРК в соответствии с регламентами связано с низким экологическим риском, это дает возможность рекомендовать препарат для регистрации в Российской Федерации.

6.2. Токсикологические характеристики действующего вещества и препарата

Помимо воздействия на окружающую среду необходимо было исследовать влияние препарата на теплокровных животных, его возможные отдаленные последствия и токсичность. Эту часть работы мы делали совместно с сотрудниками ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана. Результаты исследований изложены в таблице 24.

Таблица 24 – Токсикологические характеристики действующего вещества имазамокса и разработанного на его основе препарата Парадокс, ВРК

Характеристика	Действующее вещество	Препарат
Острая пероральная токсичность ЛД ₅₀ (крысы)	> 5000 мг/кг	>10000 мг/кг
Острая кожная токсичность ЛД ₅₀ (крысы)	> 4000 мг/кг	> 2500 мг/кг
Острая ингаляционная токсичность ЛК ₅₀ (крысы)	> 6300 мг/кг	10 481,38 мг/м ³

Раздражающее действие на кожу и слизистую оболочку глаза	отсутствует у морских свинок и крыс, слабовыраженная у кроликов (1 балл)	слабовыраженная, умеренно раздражает слизистую оболочку глаза у кроликов
Подострая пероральная токсичность у крыс, NOEL	20 000 ppm (1661 мг/кг)	Слабо выраженные кумулятивные свойства
Сенсибилизирующее действие	не обладает	не обладает
Подострая накожная токсичность у крыс, NOEL	≥ 1000 мг/кг	не обладает
Хроническая токсичность, NOAEL	Крысы: 1000 ppm Мыши: 500 ppm Собаки: 40 000 ppm	не обладает
Онкогенность	не обладает	не обладает
Тератогенность и эмбриотоксичность	не обладает	не обладает
Мутагенность	не обладает	не обладает
Класс опасности	3	3

В соответствии с результатами исследований токсиколого-гигиенических характеристик препарата, регламентов его применения и предусмотренных мер безопасности гербицидный препарат Парадокс, ВРК (120 г/л) соответствует действующим в Российской Федерации санитарным нормам и правилам и «Единым санитарно-эпидемиологическим и гигиеническим требованиям к товарам, подлежащим санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю)»

Заключая раздел, можно отметить следующее:

- По результатам исследования воздействия на экологию установлено, что применение гербицида Парадокс, ВРК в соответствии с регламентами связано с низким экологическим риском.
- Препарат Парадокс, ВРК и используемый для его производства имазамокс соответствуют нормам и правилам единых санитарно-эпидемиологических и

гигиенических требований к товарам, подлежащим санитарно-эпидемиологическому надзору. Гербицид относится к классу умеренно опасных.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

- 1.** На основе анализа научной литературы и экспериментальных исследований разработан отечественный гербицидный препарат Парадокс, ВРК (120 г/л имазамокса) для борьбы с сорными растениями (однолетние злаковые и двудольные) на посевах бобовых (горох, соя) и масличных культур (рапс и подсолнечник).
- 2.** Результаты изучения физико-химических свойств действующих веществ имидазолинонового ряда позволили создать на основе имазамокса препаративную форму водорастворимый концентрат. Исследования совместимости компонентов разработанной препаративной формы позволили создать 20 модельных образцов препарата на основе имазамокса и включить в рецептуру современные сурфактанты.
- 3.** На основе исследований поверхностно-активных характеристик (поверхностное натяжение, краевой угол смачивания), разработанных модельных образцов препарата и их рабочих растворов, в состав препарата включен современный поверхностно-активный компонент – этоксилированный эфир сорбитана, обеспечивающий оптимальное взаимодействие рабочего раствора с листовой поверхностью сорных растений (смачивание, удерживание, проникновение, медленное испарение).
- 4.** Первичный биологический скрининг в лаборатории искусственного климата позволил на этапе исследований отобрать для дальнейших, полевых испытаний наиболее эффективный образец препарата, обладающий низкой фитотоксичностью по отношению к защищаемым культурам. Разработанный препарат Парадокс показал эффективность более 80% при полевых исследованиях в различных регионах страны и был безопасен для защищаемых культур.
- 5.** На основании результатов, полученных в ходе токсиколого-гигиенической и экологической оценки разработанного препарата, была

подтверждена низкая токсичность по отношению к: млекопитающим, птицам, пчелам. Препарат отнесен к 3 классу опасности – умеренно опасное соединение.

6. На основании проведенных исследований разработаны регламенты эффективного и безопасного применения гербицидного препарата Парадокс, ВРК для защиты бобовых культур (соя и горох, кроме овощного горошка) в нормах применения 0,25 – 0,35 л/га и масличных культур (рапс и подсолнечник на семена и масло, сорта и гибриды устойчивые к имидазолинонам) в нормах применения 0,3 – 0,4 л/га, против однолетних злаковых и двудольных сорных растений. Опрыскивание посевов следует проводить в ранние фазы роста сорных растений (2 – 4 листьев) и 4 – 5 настоящих листьев у культуры.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. На препарат Парадокс, ВРК (120 г/л имазамокса) получено Свидетельство о государственной регистрации сроком на 10 лет №021-03-342-1. Препарат разрешён для применения в качестве гербицида на всей территории Российской Федерации.

2. Для получения стабильных урожаев бобовых и масличных культур, повышения эффективности их производства целесообразно применять препарат Парадокс для борьбы с однолетними злаковыми и двудольными сорными растениями в установленных регламентах.

Препарат Парадокс, ВРК (120 г/л имазамокса) производится в филиале ЗАО Фирма "Август" "Вурнарский завод смесевых препаратов", успешно реализуется и применяется на площади свыше 128 000 га на посевах бобовых и масличных культур.

Приложение 1.



МИНСЕЛЬХОЗ РОССИИ
СВИДЕТЕЛЬСТВО
О ГОСУДАРСТВЕННОЙ РЕГИСТРАЦИИ
ПЕСТИЦИДА ИЛИ АГРОХИМИКАТА

№ 342 от « 21 » апреля 2014 г.

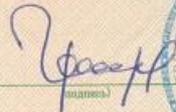
Настоящее свидетельство выдано
ЗАО Фирма «Август», ОГРН 1025006038958

(наименование Регистрации, ОГРН, ФНО индивидуального предпринимателя, ОГРНИП)

В соответствии с Федеральным законом от 19 июля 1997 г. № 109-ФЗ
«О безопасном обращении с пестицидами и агрохимикатами»
пестицид Парадокс, ВРК (120 г/л имазамокса)
(наименование пестицида или агрохимиката)

получил государственную регистрацию за № 021-03-342-1
на срок по « 20 » апреля 2024 г. и допускается к обороту на
территории Российской Федерации со следующими регламентами применения:

Директор Департамента растениеводства, химизации
и защиты растений П.А.Чекмарев


(подпись)


М. П.

№000379



© ЗАО «Первый печатный двор», г. Москва, 2013 г. Уровень «Н»

Рисунок 53 – Свидетельство о государственной регистрации гербицидного
препарата Парадокс, ВРК

Приложение 2.

Для сельскохозяйственного производства:

Норма применения препарата (л/га)	Культура	Вредный объект	Способ, время, особенности применения препарата
1	2	3	4
0,25-0,35	Соя, горох (кроме овощного горошка)	Однолетние злаковые и двудольные сорняки	Опрыскивание посевов в ранние фазы роста сорняков (2-4 листьев) и 4-5 настоящих листьев у культуры. В год применения можно высевать пшеницу озимую, рапс озимый (устойчивый к имидазолиномам); на следующий год можно высевать яровые и озимые пшеницу, ячмень, рожь, тритикале; кукурузу, сою, горох, бобы, сорго, люцерну, люпин, рапс и подсолнечник (устойчивые к имидазолиномам); через два года – овес, подсолнечник (традиционные сорта и гибриды); через три года – любые культуры без ограничений, включая традиционные сорта и гибриды рапса; свеклу сахарную. Расход рабочей жидкости – 50 – 300 л/га
0,3-0,4	Рапс, подсолнечник на семена и масло (сорта и гибриды, устойчивые к гербициду Парадокс, ВРК)		Опрыскивание посевов в ранние фазы роста сорняков (2-4 листа) и 4-5 настоящих листьев культуры. В год применения можно высевать пшеницу озимую, рапс озимый (устойчивый к имидазолиномам); на следующий год – яровые и озимые пшеницу, ячмень, рожь, тритикале; кукурузу, сою, горох, бобы, сорго, люцерну, люпин, и подсолнечник (устойчивые к имидазолиномам); через два года – овес, подсолнечник (традиционные сорта и гибриды); через три года – любые культуры без ограничений, включая традиционные сорта и гибриды рапса; свеклу сахарную. Расход рабочей жидкости – 50 – 300 л/га

Запрещается применение препарата: в личных подсобных хозяйствах; авиационным методом; в санитарной зоне рыбохозяйственных водоемов.

Сроки безопасного выхода людей для проведения механизированных работ – 3 дня.

Срок ожидания (кратность обработки) – 60(1)



Рисунок 54 – Свидетельство о государственной регистрации гербицидного препарата Парадокс, ВРК (регламенты эффективного и безопасного применения)

Приложение 3.

Для сельскохозяйственного производства:

Норма применения препарата (л/га)	Культура	Вредный объект	Способ, время, особенности применения препарата	Срок ожидания (кратность)
1	2	3	4	5
0,3-0,4	Рапс, подсолнечник на семена и масло (сорта и гибриды, устойчивые к имидазолинонам)	Однолетние злаковые и двудольные сорняки	Опрыскивание посевов в ранние фазы роста сорняков (2-4 листа) и 4-5 настоящих листьев культуры. В год применения можно высевать пшеницу озимую, рапс озимый (устойчивый к имидазолинонам); на следующий год – яровые и озимые пшеницу, ячмень, рожь, тритикале; кукурузу, сою, горох, бобы, сорго, люцерну, люпин, рапс и подсолнечник (устойчивые к имидазолинонам); через два года – овес, подсолнечник (традиционные сорта и гибриды); через три года – любые культуры без ограничений, включая традиционные сорта и гибриды рапса; свеклу сахарную. Расход рабочей жидкости – 50 – 300 л/га	60(1)

Срок безопасного выхода людей на обработанные площади для проведения механизированных работ – 3 дня.

Запрещено применение препарата в личных подсобных хозяйствах; авиационным методом; в санитарной зоне рыбохозяйственных водоемов.



Рисунок 55 – Свидетельство о государственной регистрации гербицидного препарата Парадокс, ВРК (регламенты эффективного и безопасного применения на посевах устойчивых к имидазолинонам культур)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абуова, А.Б. Урожайность масличных и зерновых культур в севооборотах костанайской области / А.Б. Абуова // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2012. – №5 (91). – С. 5-8
2. Авзалов, М.Х. Соя в Республике Татарстан / М.Х. Авзалов, И.И. Долотин // Зерновое хозяйство. – 2001. – №2. – С. 34.
3. Агентство «АБ-Центр». – 2014. [Электронный ресурс] // <http://ab-centre.ru>
4. Агентство АПК-Информ. – 2007. [Электронный ресурс] // <http://www.apk-inform.ru>.
5. Агрожурнал. Покровные ткани: Эпидерма. – 2016. [Электронный ресурс] / <http://www.agrojour.ru/nauka/botanika/pokrovnye-tkani-ehpiderma.html>
6. Агрономический портал. – 2015. [Электронный ресурс] // http://agronomiy.ru/zernovie_bobovie_kulturi/obschaya_charakteristika_zernovich_bobovich/technologiya_vozdelivaniya_zernovich_bobovich_kultur.html.
7. Агропромышленный портал АгроXXI. Интернет-версия справочника пестицидов и агрохимикатов разрешенных к применению на территории Российской Федерации. – 2016. [Электронный ресурс] // <http://www.agroxxi.ru/goshandbook>
8. Акманаев, Э.Д. Сравнительная продуктивность звена севооборота «озимая культура яровой рапс» в зависимости от вида промежуточного посева и нормы высева ярового рапса / Э.Д. Акманаев, Ю.С. Пешина // Пермский аграрный вестник. – 2014. – №4 (8). – С. 3-11
9. Албертс, Д. / Молекулярная биология клетки, в 3-х томах, т.3 // Д. Албертс, Д. Брей, Дж. Льюис, М. Рэфф, К. Робертс, Дж. Уотсон. – М., Мир, 1994
10. Алехин, В.Т. Пути стабилизации фитосанитарной обстановки / В. Т. Алехин // Защита и карантин растений. – 2004. – №1. – С. 8-12.

11. Алиева, Л.И. Тенденции и факторы развития мирового сельского хозяйства, производства продовольствия и продовольственных рынков / Л.И. Алиева // Экономический журнал. – 2006. – №12. – С. 5-22.
12. Аникеева, Н.В. Вопросы биотехнологий белковых препаратов в условиях продовольственного кризиса /Н.В. Аникеева // Вестник Алтайского государственного университета – 2010. – №4. – С. 91-95.
13. Антоний, А.К. Зернобобовые культуры на корм и семена / А.К. Антоний, А.К. Попов // – Л.: Колос, 1980. - с. 221.
14. Артемов И.В. Рапс – масличная и кормовая культура / И.В. Артемов, В.В. Карпачев // – Липецк, ОАО «Полиграфический комплекс «Осириус», 2005. – 144 с.
15. Артохин, К.С. Атлас сорные растения / К.С. Артохин // – Ростов-на-Дону, 2004. – 144 с.
16. Астахов, А.А. Продуктивность подсолнечника в зависимости от допосевной обработки почвы и приемов ухода за растениями / А.А. Астахов // Водосберегающие технологии с. -х. культур: сб. научн. тр. – Волгоград: – Волгоградская гос. с.-х. академия, 2001. – С. 147-149.
17. Баздырев, Г.И. Борьба с сорняками в современных системах земледелия / Г.И. Баздырев // Земледелие. – 1999. - №2. - С. 31.
18. Баздырев, Г.И. Земледелие. Учебник для ВУЗов / Г.И. Баздырев, В.Г. Лошаков, А.И. Пупонин. – М.: Колос, 2000. – 511с.
19. Баздырев, Г.И. Применение гербицидов при интенсивных технологиях возделывания основных полевых, овощных и плодовых культур / Г.И. Баздырев. – М. ТСХА.: Книга, 1985. – 107 с.
20. Баздырев, Г.И. Сорные растения и меры борьбы с ними в современном земледелии: Учебное пособие для вузов / Г.И. Баздырев, Л.И. Зотов, В.Д. Полин. – М.: Изд-во МСХА, 2004. – С. 288.
21. Байманов, А.С. Приемы получения высококачественных семян гибридов подсолнечника в Западной Сибири / А.С. Байманов // Масличные

- культуры. Научно-технический бюллетень ВНИИ масличных культур. - 2008. – №2. – С. 6-10.
22. Баранов, В.Ф. [Электронный ресурс]: ВНИИМК Краснодар, 2005. ([http : //www. agroyug.ru/page/iten/id-5 8 8](http://www.agroyug.ru/page/iten/id-588)).
23. Башков, А.С. Влияние биологизации земледелия на плодородие дерново-подзолистых почв и продуктивность полевых культур / А.С. Башков, Т.Ю. Бортник // Аграрный вестник Урала – 2012. – №1. – С. 16-19.
24. Бедарева, О.М. Управление сорным компонентом агрофитоценозов ярового рапса в условиях калининградской области / О. М. Бедарева, А.Б. Францева // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2011. – №2. – С. 49-51.
25. Белик, Н.Л. Биологические основы технологии возделывания рапса ярового на семена / Н.Л. Белик // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. – 2001. – №1(6). – С. 38-40.
26. Беляева, Н.Л. Влияние системы обработки почвы и удобрений на численность фитофагов и урожайность зеленой массы ярового рапса / Н.Л. Беляева // Вестник АПК Верхневолжья. - 2014. - №1(25). - С. 35-40.
27. Беседин, Н.В. Значение зернобобовых культур на примере сои в современных системах земледелия / Н.В. Беседин, И.А. Соколова // Вестник Алтайского государственного аграрного университета – 2010. – №8. – С. 16-19.
28. Большов, А.В. Биологическая эффективность гербицида Парадокс / А.В. Большов, Л.М. Нестерова, В.И. Долженко// Защита и карантин растений. – 2016. №10. – С. 44-46.
29. Большов, А.В. Современный подход к разработке нового гербицидного препарата на основе имазамокса /А.В. Большов, Л.М. Нестерова, Л.С. Елиневская, М.В. Колупаев, В.И. Долженко // Современные проблемы гербологии и оздоровления почв. Мат. Нучн. Конф. – 2016. – С. 17-22.

30. Большов, А.В. Эффективность применения нового препарата на основе имазамокса для защиты озимого рапса в Северо-Кавказском регионе / А.В. Большов, Л.М. Нестерова, В.И. Долженко // Плодородие. – 2017. №6. – С. 10-12.
31. Борисова, Е.Е. Значение севооборота и предшественников в снижении засоренности сельскохозяйственных культур / Е.Е. Борисова // Вестник НГИЭИ. – 2014. – №6(37). – С. 13-20.
32. Бородий, С.А. Имитационно-статистическое моделирование биоценотических процессов в агроэкосистемах / С.А. Бородий, А.Ф. Зубков. – С.-Пб.: РАСХН-ВИЗР, 2001. – 136 с.
33. Борьба с сорняками в посевах зернобобовых. – 2012. [Электронный ресурс]// <http://polyera.ru/sornye-rasteniya/159-borba-s-sornyakami-v-posevah-zernobobovyh.html>
34. Брежнева, Л. И. Царь-горох требует заботы / Л.И. Брежнева // Земля и жизнь. Независимая газета Кубани. – 2006. – № 6. – С. 16.
35. Букин, Ю.В. Незаменимые жирные кислоты: Природные источники, метаболизм, физиологические функции и значение для здоровья / Ю.В. Букин // – М.: 1999. – 140 с.
36. Бульба, И.А. Формирование продуктивности рапса ярового в зависимости от приемов агротехники в условиях орошения южной степи Украины / И.А. Бульба // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2014. – №1. – С. 31-34
37. Бурляева, М.О. Соя (*Glycine max* (L.) Мегг): изменчивость признаков и ее значение для селекции сортов кормового использования: автореф. дис. канд. биол. наук: 06.01.05 / М. О. Бурляева. – Санкт-Петербург, 2003. – 24 с.
38. Васильев, Д.С. Практическое руководство по интенсивным технологиям возделывания масличных культур / Д.С. Васильев, Д.И. Никитчин // – К.: Урожай, 1991. – 60 С.

39. Васильченко, В.В. Совершенствуем технологию возделывания гороха / В.В. Васильченко // Земледелие. – №3. – 2002. – С. 18.
40. Васютин, А.С. Предотвратить ущерб от карантинных сорняков / А.С. Васютин // Защита и карантин растений. – 2004. – №1. – С. 30-32.
41. Вертипрахов, В.Г. Влияние семян рапса с различным содержанием эруковой кислоты на секреторную функцию поджелудочной железы кур / В.Г. Вертипрахов, Е.С. Цуканова // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2008. – №8. – С. 110-113.
42. Винничек, Л.Б. Направление инновационной деятельности в АПК / Л.Б. Винничек // Никоновские чтения. – 2008. – №13. – С. 73-74.
43. Вишнякова, М.А. Горох, бобы, фасоль / М.А. Вишнякова [и др.]. – С-Пт.: «Диамант» Агропромиздат, 2001. – 221 с.
44. Власенко, Н.Г. Плюсы и минусы агротехнического метода защиты растений / Н. Г. Власенко, Н. А. Коротких // Защита и карантин растений. – 2012. – №2. – С. 16-19.
45. Власенко, Н.Г. Плюсы и минусы агротехнического метода защиты растений / Н.Г. Власенко, Н.А. Коротких // Защита и карантин растений. – 2012. – №2. – С. 16-19.
46. Воеводин, А.В. Агробиоценотические аспекты применения гербицидов / А.В. Воеводин // Экологические основы предотвращения потерь урожая от вредных организмов. – М.: 1986. – С. 11-19.
47. Гамаюрова, В.С. Мифы и реальности в пищевой промышленности. II. Сравнение пищевой и биологической ценности растительных масел / В.С. Гамаюрова, Л.Э. Ржечицкая // Вестник казанского технологического университета. – 2011. – №18. – С. 146-155.
48. Гегамян, М.А., Горбунова, О.Н. Перенаселение земли глобальная социально-экономическая проблема / М.А. Гегамян, О.Н. Горбунова // Социально-экономические явления и процессы. – 2011. – №9. – С. 31-36.

49. Гончаров, Н.Р. Развитие инновационных процессов в защите растений / Н.Р. Гончаров // Защита и карантин растений. – 2010. – №4. – С. 4-8.
50. Гончаров, Н.Р. Развитие инновационных процессов в защите растений / Н.Р. Гончаров // Защита и карантин растений. – 2010. – №4. – С. 4-8.
51. ГОСТ 16291-79 Переиздание (апрель 1999). Пестициды. Метод определения стабильности эмульсий. Приготовление воды заданной жесткости. –М.: ИПК Издательство стандартов, 1999. с. 2-3
52. ГОСТ 32385-2013. Товары бытовой химии. Метод определения показателей водородных ионов (рН). –М.: Стандартиформ, 2014. с. 1-7
53. Гребнева, И.С. Кормовая ценность подсолнечного шрота / И.С. Гребнева // Птицеводство. – 2008. – №8. – С. 38-39.
54. Гуреева, Е.В. Инновационная технология возделывания сои в хозяйствах Центрального района Нечерноземной зоны (методическое пособие) / Е.В Гуреева [и др.] – М.:ФГУ РЦСК, 2008. - 34 с.
55. Демиденко, Г.А. Исследования влияния различных условий минерального питания на ростовые характеристики гороха / Г.А. Демиденко, Е.В. Котенева // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2013. – №6. – С. 70-78.
56. Демидова, В.Н. Применение баковых смесей гербицидов в посевах зернобобовых культур в центральном регионе Нечерноземья: дисс... канд. биол. наук/ В.Н. Демидова. - Москва, 2009. - 26 с.
57. Дзюбинский, Р.Н. Итоги года в цифрах / Р.Н. Дзюбинский // Масложировая промышленность. – 2003. – №1. – С. 11-15.
58. Доброхотов, С.А Эпифитотиологические основы защиты зеленых овощных культур от мелойдогиноза в грунтовых теплицах / С.А. Доброхотов, А.И. Анисимов, Н.А. Белякова // Защита и карантин растений. – 2011. – №12. – С. 19-22.
59. Дозоров, А.В. Соя в условиях левобережья Ульяновской области / А.В. Дозоров // Зерновое хозяйство. – 2002. – №3. – С.26.

60. Долженко, В.И. Методические указания по регистрационным испытаниям гербицидов в сельском хозяйстве под редакцией академика Россельхозакадемии В.И. Долженко, Всероссийский НИИ защиты растений, СПб.: (Утверждены МСХ РФ), 2013, 280 с.
61. Долженко, В.И. Химическая защита растений в фитосанитарном оздоровлении агроэкосистем / В.И. Долженко, К.В. Новожилов, Г.И. Сухорученко, С.Л. Тютюрев // Вестник защиты растений. – 2011. – №3. – С. 3-11.
62. Дон, Р.Н. Российская соевая индустрия: проблемы и перспективы развития / Р.Н. Дон // Сб. науч. тр. – Вып.1, М.: ГНОРД, 2003 г. – 200 с.
63. Доценко, С.М. Разработка биотехнологии и рецептур пищекокцентратов первых обеденных блюд повышенной пищевой и биологической ценности / С.М. Доценко, Т.К. Каленик, А.В. Фомин, Е.Б. Обухов // Вестник Красноярского государственного университета. – 2010. – №10. – С.172-174.
64. Дрюпин, П.В. Состояние и перспективы производства биотоплива в России / П.В. Дрюпин, Л.С. Керученко, В.В. Мяло // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2011. – №3. – С. 134-136
65. Егорова, Т.А. Рапс (*Brassica napus* L.) перспективы его использования в кормлении птицы / Т.А. Егорова // Сельскохозяйственная биология. – 2015. – №2. – С. 172-182.
66. Енкина, О.В. Удобрение подсолнечника / О.В. Енкина, Б.К. Игнатьев, Н.Т. Агаркова // Подсолнечник: под общ. ред. В.С. Пустовойта. – М.: Колос, 1975 – С. 287-309.
67. Зазимко, М.И. Агротехнический метод защиты растений – основополагающий, но не однозначный / М.И. Зазимко, В.И. Долженко// Защита и карантин растений. – 2011. – №5. – С. 11-15.

68. Зайцев, Н.И Подмаренник цепкий в посевах озимого рапса / Н. И. Зайцев, Э. Г. Устарханова, И.Н. Фролова // Защита и карантин растений. – 2011. – №11. – С. 20-21.
69. Захаренко, А.В. Теоретические основы управления сорным компонентом агроценоза в системах земледелия / А.В. Захаренко. – М: ГСХА, 2000. – 470 с.
70. Захаренко, В.А. Поверхностно-активные вещества и адъюванты / В.А. Захаренко // Защита и карантин растений. – 2007. - №11. – С. 54-55.
71. Захаренко, В.А. Тенденции и перспективы химической и биологической защиты растений / В.А. Захаренко // Защита и карантин растений. – 2011. – №3. – С. 6-9.
72. Захаренко, В.А. Химическая защита растений в России в конце XX – начале XXI века / В.А. Захаренко // Защита и карантин растений. – 2007. – №12. – С. 6-10.
73. Зорикова, А.А. Перспективы использования рапса / А.А. Зорикова // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2010. – №5. – С. 63-64.
74. Зубкова, Т.В Влияние гербицидов на продуктивность ярового рапса / Т. В. Зубкова, В. А. Гулидова // Защита и карантин растений. – 2013. – №12. – С. 25-26.
75. Иванайская, Н.С. Влияние минеральных удобрений и предшественников на численность микроорганизмов в почве под зернобобовыми / Н.С. Иванайская // Достижения науки и техники АПК. – 2009. – №3. – С. 17-18.
76. Иванов, В.М. Отзывчивость сортов ярового рапса на сроки и нормы посева в зоне черноземных почв / В.М. Иванов, Е.С. Чурзин // Известия нижеволжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2013. – №4(32). – С. 1-5.

77. Иванов, В.М. Яровой рапс на черноземных почвах волгоградской области / В.М. Иванов, Е.С. Чурзин, С.В. Толстикова // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2010. – №8. – С. 101-103
78. Иванченко, Т.В. Роль физиологически активных веществ в интегрированной системе защиты растений / Т.В. Иванченко, Г.И. Резанова, И.С. Игольникова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2015. - №1. - С. 1-5.
79. Игнатъев, Б.К. Удобрение масличных культур / Б.К. Игнатъев // Агротехника масличных культур. ВНИИ масличных культур. – Краснодар, 1968 – С. 298-305.
80. Исмагилов, Р.Р. Энергосберегающие приемы производства семян ярового рапса в условиях Южного Урала / Р.Р. Исмагилов, Р.Р. Гайфуллин // Достижения науки и техники АПК. – 2008. – №7. – С. 37-39.
81. Кайшев, В.Г. Масложировой комплекс России в развитии / В.Г. Кайшев // Масложировая промышленность. – 2004. – №3. – С. 6-9.
82. Каличкин, В.К. Контроль за сорняками в посевах яровой пшеницы / В.К. Каличкин [и др.]. // Земледелие. – 2003. – №1. – С. 30-31.
83. Капитонов, В.С. Технологические аспекты создания пищевых концентратов повышенной пищевой и питательной ценности / В.С. Капитонов, С.М. Доценко, Е.Б. Обухов // Вестник Красноярского государственного университета. – 2011. – №2. – С.177-180.
84. Киреева, Н.С. Рапсовое биотопливо / Н.С. Киреева // Вестник Ульяновской ГСХА. – 2008. – №1 (6). – С. 56-57
85. Кирсанова, Е.В. Изучение эффективности использования биопрепаратов на зерновых, зернобобовых и крупяных культурах/ Е.В. Кирсанова //

- Вестник Орловского государственного аграрного университета. – 2011. – №5(32). – С. 111-116.
86. Киселева, А.М. Сорные растения и меры борьбы с ними / А.М. Киселева. – М.: Колос, 1971. – 192 с.
87. Кислов, А.В. Приемы основной обработки почвы под подсолнечник на зерно в условиях южного Урала / А.В. Кислов, М.В. Черных // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2007. – №14-1(2). – С. 24-26.
88. Кобозева, Т.П. Методические рекомендации по возделыванию сои северного экотипа в Нечерноземной зоне Российской Федерации / Т.П. Кобозева [и др.] – М.: ФГУ РЦСК, 2007. – 42 с.
89. Комардина, Л.С. Научно-практические основы разработки системы защиты растений / Л.С. Комардина, Ф.М. Баимбетова // Международный научно-исследовательский журнал. – 2015. – №5-1. – С. 49-51.
90. Комлацкий, В.И. Влияние генотипа медоносных пчел на качество меда / В.И. Комлацкий, С.А.Плотников // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2005. – №14. – С. 1-14.
91. Корякин, В.В. Технические культуры в структуре посевных площадей тамбовской области / В.В. Корякин, Ю.В. Леонтьева, Р.В. Гололобова // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. – 2010. – №1 (Том 15). – С. 145-146.
92. Кощаев, А.Г. Безотходная переработка подсолнечного шрота / А.Г. Кощаев, Г.А. Плутахин, Г.В. Фисенко, А.И. Петренко // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2008. – №3. – С. 66-68.
93. Кузнецов, В.М. Исследования гербицидной активности новых гидроксипропильных производных хлорфенолов / В.М. Кузнецов, К.Р. Хуснитдинов, Л.М. Мрясова // Башкирский химический журнал. – 2013. – №2. – С. 110-114.

94. Кузнецов, В.М. Поверхностная активность и мицелообразование гербицидных бифункциональных компонентов / В.М. Кузнецов // Башкирский химический журнал. – 2012. – №1. – С. 158-161.
95. Кузнецов, В.М. Химико-технологические основы разработки и совершенствования гербицидных препаративных форм / В.М. Кузнецов – М. –Химия. – 2006. - С. 270.
96. Кузнецов, М.Н Борьба с сорняками на рапсе / М. Н. Кузнецов, В. А. Гулидова // Защита и карантин растений. – 2007. – №5. – С. 25-26.
97. Кухарев, О.Н. Энергетическая эффективность использования биодизеля на основе рапса / О.Н. Кухарев, И.В. Гнусарев // Никоновские чтения. – 2008. – №14. – С. 115-116
98. Ларина, Г.Е. Рациональное применение гербицидов в посевах гороха. / Г.Е. Ларина, В.Н. Демидова // Защита и карантин растений. – 2009. – №3. – С. 28-30.
99. Ларина, Г.Е. Рациональное применение гербицидов в посевах гороха / Г.Е. Ларина, В.Н. Демидова // Защита и карантин растений. – 2009. – №3. – С. 28-30.
100. Лобков, В.Т., Прыгун, С.А. Приоритетные направления развития земледелия / В.Т. Лобков, С.А. Прыгун // Вестник Орловского государственного университета. – 2012. – №1. – С. 2-7.
101. Лотова, Л. И. Ботаника: Морфология и анатомия высших растений -Изд. 4-е, доп. / Л.И. Лотова // .–М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 512 с., 2010.
102. Лукомец, В.М. Интегрированная защита подсолнечника / В.М. Лукомец, В.Т. Пивень, Н.М. Тишков // Защита и карантин растений. – 2011. – №2. – С. 50-56.
103. Лухменев, В.П. Влияние удобрений, фунгицидов и регуляторов роста на продуктивность подсолнечника / В.П. Лухменев // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2015. – №1(51). – С. 41-46.

104. Лучинский, С.И. Амброзия полыннолистная (*Ambrosia artemisiifolia*) и её вредоносность в посевах подсолнечника в зависимости от фона минерального питания / С.И. Лучинский, В.С. Лучинский // Политематический сетевой электронный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2011. – №69. – С. 1-10.
105. Лучинский, С.И. Доминирующие сорняки и их вредоносность в посевах подсолнечника / С.И. Лучинский, Т.В. Князева // Политематический сетевой электронный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2010. – №58. – С. 1-13.
106. Магомедов, К.Г. Увеличить производство кормового белка / К.Г. Магомедов, Ж.М. Гарунова, Г.Д. Кагиров, Р.К. Камилов // Аграрный вестник Урала – 2013. – №4. – С. 8-10.
107. Магомедов, Н.Р. Агробиологические основы повышения урожайности озимого рапса в Терско-сулакской подпровинции Дагестана / Н.Р. Магомедов, Ш.М. Мажидов, Д.Ю. Сулейманов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2012. – №1. – С. 1-3.
108. Малашенков, К.А. Экономические предпосылки возделывания рапса и условия его использования на технические и пищевые цели / К.А. Малашенков // Вестник ФГОУ ВПО «Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина». – 2010. – №5. – С. 86-89.
109. Мальцев, А.И. Сорная растительность СССР и меры борьбы с ней/ А.И. Мальцев. – Л. –М.: Сельхозиздат. – 1962. - 272 с.
110. Марчик, Т.П. Почвоведение с основами растениеводства: учебное пособие / Т.П. Марчик, А.Л. Ефремов. - Гродно: Изд-во ГрГУ, 2006. С. 300-310 Милащенко, Н.З Технология выращивания и использования рапса и сурепицы // Н.З Милащенко, В.Ф. Абрамов. – М.: Агропромиздат, 1989. - 224 с.

111. Масличный бум. Подсолнечник и рапс. Машины и технологии. – Центр аграрно-инженерных решений ЛБР-групп, – 2005. – 88 с.
112. Маханькова, Т.А. Современный ассортимент гербицидов для защиты зерновых культур / Т.А. Маханькова, В.И. Долженко // Защита и карантин растений. – 2013. – №10. – С. 46-50.
113. Медведев, Г.А. Влияние приемов агротехники на урожайность и качество зернобобовых культур на южных черноземах волгоградской области / Г.А. Медведев, С.И. Утученков, А.В. Мартынов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2010. – №4. – С. 1-6.
114. Медведев, Г.А. Сравнительная оценка продуктивности масличных культур на светло-каштановых почвах волгоградской области / Г.А. Медведев, Д.Е. Михальков, М.С. Животков, Н.В. Кочубеев // Известия нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2012. – №2. – С. 16-20.
115. Медведев, Г.А. Урожайность гибридов подсолнечника в зависимости от приемов основной обработки почвы и биологически активных веществ на каштановых почвах волгоградской области / Г.А. Медведев, Н.Г. Екатериничева, С.И. Камышанов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2011. – №2. – С. 1-5.
116. Мельник, А.В. Оценка предшественников на различных фонах питания при выращивании подсолнечника в условиях левобережной лесостепи Украины / А.В. Мельник, С.А. Говорун // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2014. – №4. – С. 1-2.
117. Мельников, Н.Н. Пестициды, Химия, технология и применение / Н.Н. Мельников –М. –Химия. – 1987. – С. 712.
118. Мельникова, О.В. О значении возделывания однолетних зернобобовых культур в условиях биологизации земледелия / О.В. Мельникова, В.Е.

- Ториков, В.Л. Москалева // Вестник Брянской Государственной сельскохозяйственной академии. – 2011. – № 3. – С. 15-19.
119. Методические указания по полевому испытанию гербицидов в растениеводстве / Гос. комиссия по хим. средствам б-бы с вредителями, болезнями растений и сорняками МСХ СССР, ВИЗР. – М.: Колос, 1981
120. Милащенко, Н.З. Технология выращивания и использования рапса и сурепицы / Н.З. Милащенко, В.Ф. Абрамов // – М.: Агропромиздат, 1989. – 486 с.
121. Милащенко, Н.З. Технология выращивания и использования рапса и сурепицы / Н.З. Милащенко, В.Ф. Абрамов // – М.: Агропромиздат, 1989. – 224 с.
122. Мирзоев, А.М. Масличные семена и мировая экономика / А.М. Мирзоев // Техничко-технологические проблемы сервиса. – 2015. – №1(31). – С. 79-84
123. Мирославова, С.А. Фотосинтез как интегральный показатель для ранней диагностики действия гербицидов на растения / С.А. Мирославова, Е.А. Бубнова, Т.Г. Целищева // Экологический мониторинг лесных экосистем: Тез. докл. конф. Петрозаводск, 6-10 сент., 1999. – Петрозаводск, 1999. – С. 89.
124. Михальков, Д.Е. Опыт возделывания масличных культур семейства капустные (brassicacea) в волгоградской области / Д.Е. Михальков, Е.С. Семенова // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2011. – №31-1(3). – С. 65-66.
125. Мишустин, Е.Н. Биологическая фиксация атмосферного азота / Е.Н. Мишустин, В.К. Шильникова // – М.: Наука, 1968. С. 287.
126. Мишустин, Е.Н. Биологический азот и его значение в сельском хозяйстве / Е.Н. Мишустин // Вестник АН СССР. – 1979. – № 3. – С. 59-68.

127. Мишустин, Е.Н. Черепков, Н.И. Пути улучшения азотного баланса земледелия СССР / Е.Н. Мишустин, Н.И. Черепков // Журн. Всесоюз. Хим. Общ-ва им. Д.И. Менделеева. – 1983. – № 3. – С. 325-344.
128. Морозов, В.И. Средообразующие функции зернобобовых культур при биологизации севооборотов лесостепи Поволжья / В.И. Морозов // Вестник Ульяновской сельскохозяйственной академии – 2010. – №1. – С. 3-15.
129. Мхитарьянц, Л.А. Особенности химического состава семян рапса современных селекционных сортов / Л.А. Мхитарьянц, Г.А. Мхитарьянц, А.Н. Марашева, Т.И. Тимофеев // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2012. – №4. – С. 33-36.
130. Наумова, Н.Л. Сравнительная оценка качества нерафинированного подсолнечного масла / Н.Л. Наумова, А.А. Лукин // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Экономика и менеджмент. – 2013. – №3 (том 7). – С. 148-151.
131. Нестерова, Л.М. Новые технологии препаративной формы пестицидов / Л.М. Нестерова, Л.С. Елиневская, Л.А. Березина // Агрехимия. – 2009. – №1. – С. 33-37.
132. Никитин, И.С. Гербициды на посевах сои в Псковской области / И.С. Никитин, Н.К. Иванцов // Защита и карантин растений. – 2002. – №3. – С. 34.
133. Никитчин, Д.И. Подсолнечник / Д.И. Никитчин // Киев: Урожай, 1993. – с. -10.
134. Новый аграрный журнал / В борьбе за место под солнцем. – 2013. [Электронный ресурс] // <http://www.newagro.info/articles/002-v-borbe-za-mesto-pod-solnczem/>
135. Нурлыгаянов, Р.Б. Организация производства рапсового масла на пищевые цели в кемеровской области / Р.Б. Нурлыгаянов, Р.Ф. Ахметгареев // Никоновские чтения. – 2010. – №15. – С. 324-325.

136. Олюнин, А. Теридокс, для контроля сорняков в посевах рапса / А. Олюнин, П. Шнейдер // Защита и карантин растений. – 2009. – №6. – С. 47.
137. Осепчук, Д.В. Рапс – перспективная культура / Д.В. Осепчук // Сборник научных трудов Ставропольского НИИ Животноводства и Кормопроизводства. – 2006. – №1. – С. 28-30.
138. Павлюк, Н.Т. Подсолнечник в Центрально-Черноземной зоне России: монография / Н.Т. Павлюк, П.Н. Павлюк // ФГОУ ВПО ВГАУ – Воронеж. – 2006. С.226.
139. Павлюшин, В.А. Карты распространения сорных растений, вредителей и болезней культурных растений / В.А. Павлюшин [и др.]. – С.Пб.: ВИЗР, 2005. - С.70-73.
140. Парахин, Н.В. Морфофизиологические основы моделирования перспективных сортов гороха: методические рекомендации / Н.В. Парахин [и др.]. – Изд-во: Орел ГАУ, 2004. – 51 с.
141. Патент EP 0322616 (American Cyanamid Company). Патент WO 2010/055042 A1 (BASF). Патент US 4562257 (American Cyanamid Company). Патент US 0224433 A1 (BASF). Патент US 5378843 (American Cyanamid Company). Патент EP 0184027 (American Cyanamid Company).
142. Пирогов, О.А. Биолого-хозяйственная оценка сортов ярового рапса с позиции специализированного использования / О.А. Пирогов, Е.Р. Шукис, Г.Г. Дегтяренко // Вестник Алтайского государственного университета. – 2008. – №3. – С. 9-14
143. Плескачев, Ю.Н. Борьба с сорной растительностью в полевых севооборотах Волгоградской области / Ю.Н. Плескачев, О.В. Сухова // Известия Оренбургского государственного университета. – 2013. – №3(41). – С. 26.
144. Плескачев, Ю.Н. Мисюряев, В.Ю. Структура использования пашни в зависимости от степени биологизации севооборотов / Ю.Н. Плескачев,

- В.Ю. Мисюряев // Известия Оренбургского государственного университета – 2013. – №3. – С. 33-35.
145. Подгорный, П.И. Растениеводство / под ред. П.И. Подгорного // –М: 1967.
146. Пожарский, С.М. Насекомые-фитофаги, болезни кормовых бобов и мероприятия по их контролю в орловской области / С.М. Пожарский, Н.Н. Лысенко // Вестник Орловского государственного аграрного университета. – 2012. – №4(37). – С. 50-57.
147. Полянская, Н.А. Повышение эффективности производства зерна на основе ресурсосберегающих технологий / Н.А. Полянская // Вестник НГИЭИ. – 2012. – №3. – С. 82-83.
148. Попов, С.Я. Основы химической защиты растений / С.Я. Попов, Л.А. Дорожкина, В.А. Калинин. – М.: Арт-Лион, 2003. – 208 с.
149. Пospelов, С.М. Защита растений / С.М. Пospelов, Н.Г. Берим, Е.Д. Васильева, М.П. Персов. – М.: Агропромиздат, 1986. – 392 с.
150. Путырский, И. Фасоль, горох / И. Путырский, В. Прохоров, П. Родионов. – М.: Махаон, 2000. – 96 с.
151. Рогов, И.А. Белки: структура, функции, роль в питании /И.А. Рогов, Л.В. Антипова, Н.И. Дунченко [и др.] // Химия пищи. В 2 кн. Кн. 1. – М. – Колос. 2000. – С. 384.
152. Рукавицын, В.М. интенсивному земледелию – интенсивную защиту / В.М. Рукавицын, О.Н. Рождественская, А.А. Белкин // Защита и карантин растений. – 2009. – №7. – С. 4-8.
153. Руководство EPA: Pesticide Assessment Guidelines Subdivision N Chemistry^ Environmental Fate § 163-1 Leaching and Adsorbtion/Desorption Studies – US EPA, Washington, 1982, pp. 64-71
154. Руководство ОЭСР № 307 по испытаниям химических веществ. Аэробное и анаэробное разложение в почве. ОЭСР, Париж, 2002, 17 с. (русский перевод)

155. Руководство по использованию математических моделей поведения пестицидов в окружающей среде и стандартных сценариев входных данных для регионального прогноза экологической опасности пестицидов и для их регистрации в Российской Федерации, ВНИИФ, Б. Вяземы, 2005, – 42 с
156. Руцкой, А., Радугин, Н. Продовольственная безопасность: зарубежный опыт / А. Руцкой, Н. Радугин // АПК: экономика, управление. – 1997. – № 1. – С. 7-14.
157. Савицкая, Е.А. Продовольственная безопасность: исторический, экономический и социальные аспекты / Е.А. Савицкая // Аграрный вестник Урала. – 2010. – №3. – С. 37-39.
158. Саранин, Е.К. Экологическое земледелие / Е.К. Саранин – Пушкино. – ОНТИ НПЦ РАН. – 1994. - С. 72.
159. Севенков, В.П. Инновационные технологии возделывания ярового рапса на семена / В. П. Севенков // Земледелие. – 2009. – №2. – С. 25-27.
160. Семенов, В.Г. Эффективность скармливания шротма подсолнечного полученного без обрушивания семян в рационах откормочных бычков / В.Г. Семенов // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. – 2011. – №208. – С. 177-182.
161. Семынина, Т.В. Фитосанитарное состояние посевов подсолнечника – как нормализовать его / Т.В. Семынина, М.М. Наумов // Защита и карантин растений. – 2013. – №12. – С. 41-45.
162. Сергалиев, Н.Х. Влияние биопрепаратов и минерального удобрения на активность симбиотического аппарата нута (*cicer arretinum* L) в сухостепной зоне приуралья / Н.Х. Сергалиев, Р.К. Уразгалиева, Б.Б. Жылкыбаев // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2014. – №4(48). – С. 67-69.
163. Сергеев, В.Н. Отрасль в цифрах: исторический обзор / В.Н. Сергеев // Масложировая промышленность. – 2002. – №4. – С. 2.

164. Сеферова, И.В. Потенциал сои зернового и кормового направлений использования на Северо-Западе России / И.В. Сеферова, М.А. Никишкина // Итоги исследований по сое за годы реформирования и направления НИР на 2005-2010. – Краснодар, 2004. – С.59-66.
165. Сеферова, И.В. Селекционная ценность экспериментальных популяций сои, адаптированных к условиям Северо-Запада РФ / И.В. Сеферова, М.А. Никишкина, М.А. Вишнякова // Деп. ВНИИ ИТЭИ АПК. – № 61. – 2002.
166. Синявский, И.В. Активность бобово-ризобияльного аппарата и продуктивность люцерны при разных уровнях минерального питания в условиях лесостепной зоны челябинской области / И.В. Синявский, Ю.З. Валиахметова // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2008. – №18-1(2). – С. 33-35.
167. Синягина, М.Н. Инновационная технология применения перспективных макро и микроудобрений ярового рапса / М.Н. Синягина, Л.Д. Чеснокова, Н.Л. Воропаева // Сборник научных трудов Ставропольского научно-исследовательского института животноводства и кормопроизводства. – 2013. – №6(3). – С. 1-2.
168. Ситникова, Е.Е. Исследование и совершенствование технологии переработки семян горчицы и рапса с целью получения высококачественных пищевых и кормовых продуктов / Е.Е. Ситникова // автореф. дис. канд. техн. наук. – СПб., 1987.
169. Скурьят, А.Ф. Влияние интенсивной защиты ярового ячменя на урожай, качество зерна и микрофлору почвы / А.Ф. Скурьят, М.М. Кивачацкая, А.Л. Молчан // Матер, междуна. конф. – Киев, 2004. – С. 259-265.
170. Слюсаренко, В.В. Комплект оборудования для производства твердого биотоплива (пеллет из лузги подсолнечника) / В.В. Слюсаренко // Проблемы региональной энергетики. – 2010. – №2. – С. 66-70.

171. Солонникова, Н.В. Технологические свойства семян рапса новых селекционных сортов / Н.В. Солонникова, С.Ю. Ксандопуло, С.М. Прудникова // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2005. – №4. – С. 13-15.
172. Спиридонов Ю.Я., Ларина Г.Е., Шестаков В.Г. Методическое руководство по изучению гербицидов, применяемых в растениеводстве, ВНИИФ, Голицыно, 2004
173. Спиридонов Ю.Я., Шестаков В.Г. Рациональная система поиска и отбора гербицидов на современном этапе, ВНИИФ, 2006
174. Спиридонов, Ю.Я. Зональные особенности защиты растений от сорняков в адаптивно-ландшафтном земледелии Рязанской области (Методическое пособие) / Ю.Я. Спиридонов, С.Я. Полянский. – Рязань, 2004. – 149 с.
175. Спиридонов, Ю.Я. Ларина, Г.Е. Шестаков, В.Г. Методические указания по проведению производственных испытаний гербицидов (методическое издание). / Ю.Я. Спиридонов, В.Г. Шестаков, М.С. Раскин, Н.В. Никитин, Л.Д. Протасова, Г.Е. Ларина, Г.С. Спиридонова, В.И. Черкашин // Защита и карантин растений. –М. 2004. С. 24
176. Спиридонов, Ю.Я. Методология создания отечественных гербицидных препаратов / Ю.Я. Спиридонов, В.Г. Шестаков // Защита и карантин растений. – 2009. – №8. – С. 18-22.
177. Спиридонов, Ю.Я. Научно обоснованные системы применения гербицидов для борьбы с сорняками в практике растениеводства / Ю.Я. Спиридонов // Матер. 3 Межд. науч.-производ. сов-я. - Голицыно: РАСХН- ВНИИФ, 2005 г.-581 с.
178. Станкевич, С.В. Эффективность инсектицидов при защите ярового рапса от главных вредителей цветения / С.В. Станкевич, Н.В. Федоренко // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. – 2011. – №3(98). – С. 91-94.

179. Степуро, М.В. Биохимические и технологические изменения семян подсолнечника при селекции на высокую масличность / М.В. Степуро, В.Г. Лобанов // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2008. – №5-6. – С. 28-30.
180. Степуро, М.В. Сравнительная оценка биологической ценности белков растительного сырья / М.В. Степуро, Е.Н. Хапрора // Известия высших учебных заведений – 2010. – №4. – С. 34-35.
181. Степычева, Н.В. Купажированные растительные масла с оптимизированным жирно-кислотным составом / Н.В. Степычева, А.А. Фудько // Химия растительного сырья. – 2011. – №2. – С. 27-31.
182. Субботина, М.А. Факторы, определяющие биологическую ценность растительных масел и жиров / М.А. Субботина // Вестник Кузбасского государственного технологического университета. – 2009. – №2. – С. 86-90.
183. Сухина, Н.Ю. Инновационный потенциал развития масложировой промышленности России / Н.Ю. Сухина, Н.Л. Кононенко, Д.В. Окунев // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2005. – №1. – С.20-22.
184. Танделов, Ю.П. Роль серосодержащих удобрений в оптимизации минерального питания серой лесной и дерновоподзолистой почвах красноярской подтайги / Ю.П. Танделов, М.С. Патрина // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2011. – №11. – С. 66-70.
185. Татарина, Н.Я. Борьба с сорняками в нечерноземной зоне / Н.Я. Татарина, Г.Е. Козлов, В.А. Беляев. –М.: Россельхозиздат, 1980. – 192 с.
186. Тихонов, О.В. Биология, селекция и возделывание подсолнечника / О.В. Тихонов, Н.И. Бочкарев, А.Б. Дьяков [и др.] // –М.: Агропромиздат, 1991. – С. 281.

187. Тишков, Н.М. Засоренность посевов масличных культур при различных способах основной обработки почвы в севообороте / Н.М. Тишков, А.С. Бушнев // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. – 2012. – №1(150). – С. 1-7.
188. Томашов, С.В. Продуктивность рапса озимого в зависимости от срока применения минеральных удобрений в суходольных условиях Крыма / С.В. Томашов, О.Л. Томашова // Символ науки. – 2015. – №3. – С. 74-76.
189. Третьяков, М.А. Использование микроэлементов при возделывании сои с применением минеральных удобрений / М.А. Третьяков, С.Ф. Спицына // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2004. – №4(16). – С. 129-132.
190. Трифонова, А.С. Методы оптимизации ассортимента химических средств защиты растений / А.С. Трифонова, В.П. Трушина // Science Time. – 2014. – №10. – С. 527-540.
191. Трифонова, А.С. Методы оптимизации ассортимента химических средств защиты растений / А.С. Трифонова, В.П. Трушина // Science Time – 2014. – №12(12). – С. 527-540.
192. Тропин, В.П. Прогрессивные формы пестицидных препаратов и способы их применения / В.П. Тропин // Защита и карантин растений. – 2007. – №6. – С. 32-33.
193. Троц, В.Б. Подсолнечник на силос в смеси с высокобелковыми культурами / В.Б. Троц // Достижения науки и техники АПК. – 2010. – №5. – С. 53-55.
194. Троц, В.Б. Пути решения проблемы кормового белка в посевах подсолнечника на силос / В.Б. Троц // Достижения науки и техники АПК. – 2007. – №1. – С. 66-67.
195. Фадеева, А.Н. Потенциал зернобобовых культур и приемы его повышения / А.Н. Фадеева, Р.П. Ибатуллина, М.Ш. Тагиров, Т.Н.

- Абросимова // Достижения науки и техники АПК. – 2011. – №2. – С. 26-27.
196. Федоренко, В.П. Достижения и перспективы развития биологического метода защиты растений в Украине / В. П. Федоренко, А. Н. Ткаленко, В.П. Конверская // Защита и карантин растений. – 2010. – №4. – С. 12-15.
197. Федотов, В. А. Рапс России / В. А. Федотов, С. В. Гончаров, В. П. Савенков // Под ред. В. А. Федотова. – Воронеж: «Воронежский государственный университет имени К.Д. Глинки», 2007. – 11-25 с.
198. Федотов, В.А. Растениеводство Центрально-Черноземного региона / В.А. Федотов, В.В. Коломейченко, Г.В. Корнеев и др.; Под ред. В.А. Федотова, В.В. Коломейченко. – Воронеж: ВГАУ, 2001. – 116 с.
199. Филипчук, О.Д. Гербицид Евро-лайтнинг: действие и последствие / О.Д. Филипчук, В.Н. Орлов // Защита и карантин растений. – 2010. – №6. – С. 61-63.
200. Фисюнов, А.В. Справочник по борьбе с сорняками / А.В. Фисюнов. – М.: Колос, 1984. – 225 с.
201. Францева, А.Б. Опыт возделывания рапса в условиях калининградской области / А.Б. Францева // Аграрный вестник Урала. – 2010. – №6. – С. 35-36
202. Халиков, С.С. Создание инновационных фунгицидных средств на основе тебуконазола с привлечением механохимических процессов / С.С. Халиков, А.В. Душкин, Р.Д. Давлетов, В.И. Евсеенко // Фундаментальные исследования. – 2013. – №10-12. – С. 2695-2700.
203. Хрюкина, Е.И. Эффективность смесей гербицидов с регулятором роста растений и удобрениями в посевах подсолнечника / Е.И. Хрюкина, М.М. Наумов // Защита и карантин растений. – 2013. – №7. – С. 27-28.
204. Хусаинов, А.Т. Подбор оптимального предшественника при возделывании ярового рапса в условиях северного Казахстана / А.Т.

- Хусаинов, Г.Ж. Шайхина // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2010. – №8(70). – С. 13-16.
205. Хусид, С.Б. Подсолнечная лузга как источник получения функциональных кормовых добавок / С.Б. Хусид, А.Н. Гнеуш, Е.Е. Нестеренко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2015. – №107. – С. 1-13.
206. Чекалкин, С.Г. Фитоценотическая значимость многолетних трав в подавлении сорной растительности на выводном полу севооборота / С. Г. Чекалкин // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2012. – №1-1. – С. 52-55.
207. Чекмарев, П.А. Рациональные подходы к решению проблемы белка в России / П.А. Чекмарев, А.И. Артюхов // Достижения науки и техники АПК. – 2011. – №6. – С. 5-8.
208. Чекмарев, П.А. Система удобрения в условиях биологизации земледелия / П.А. Чекмарев, С.В. Лукин // Достижения науки и техники АПК. – 2012. – №12. – С. 10-12.
209. Чулкина, В.А. Агротехнический метод защиты растений. Учебное пособие / В.А. Чулкина, Е.Ю. Топорова, Ю.И. Чулкин, Г.Я. Стецов // – М.: ИВЦ «Маркетинг», 2000, – 336 С.
210. Чулкина, В.А. Типы фитосанитарного мониторинга как основа совершенствования интегрированной защиты растений / В.А. Чулкина, Е.Ю. Топорова, Г.Я. Стецов // Защита и карантин растений. – 2010. – №12. – С. 12-15.
211. Чулкина, В.А. Современные экологические основы интегрированной защиты растений / В.А. Чулкина, Е.Ю. Торопова, О.И. Павлова // Защита и карантин растений. – 2008. – №9. – С. 18-21.
212. Чурзин, В.Н. Сравнительная оценка продуктивности гибридов подсолнечника в зависимости от предшественников и сроков возврата в

- севооборот / В.Н. Чурзин, В.А. Гришин // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2008. – №1. – С. 1-5.
213. Шабаев, В.П. Урожайность и азотное питание растений люцерны при комбинированной инокуляции семян бактериями *Risobium meliloti* и *Pseudomonas suringae* / В.П. Шабаев // С. – х. биол. – 1992. – №3. – С. 67-73.
214. Швецов, С.В. Современные расчетные методы оценки пестицидной и гербицидной активности органических соединений / С.В. Швецов, С.А. Кирлан, И.Ф. Удовенко // Башкирский химический журнал. – 2013. – №2. – С. 134-136.
215. Шендеров, Б.А. Современное состояние и перспективы развития концепции «Функциональное питание» / Б.А. Шендеров // Пищевая промышленность. – 2003. – №5. – С. 4-7.
216. Шестеперов, А.А. Эпифитотимологические основы защиты зеленых овощных культур от мелойдогиноза в грунтовых теплицах / А.А. Шестеперов // Российский паразитологический журнал. – 2014. – №3. – С. 157-162.
217. Шпаар, Д. Зернобобовые культуры / Д. Шпаар [и др.]. – Минск: «ФУАинформ», 2000 г. – 263 с.
218. Шпаар, Д. Проблемы защиты растений в XXI веке / Совершенствование современных фитосанитарных технологий: Мат. межд. конф. – Новосибирск, – 2005, – С. 14-42.
219. Шпаар, Д. Рапс / Д. Шпаар, Н. Маковски, В. Захаренко, А. Постников, В. Щербаков [и др.] // Под ред. Д. Шпаара. – Минск: «ФУАинформ», 1999. – 208 с.
220. Штерншис, М.В. Биологическая защита растений в Сибири / М. В. Штерншис // Защита и карантин растений. – 2013. – №4. – С. 19-22.

221. Щеколдина, Т.В. Влияние белкового изолята из подсолнечного шрота на аминокислотный состав хлеба / Т.В. Щеколдина, П.И. Кудинов, Л.К. Бочкова, Г.Г. Сочиянц // Техника и технология пищевых производств. – 2009. – №1. – С. 18-22.
222. Щеколдина, Т.В. Технология получения белкосодержащего сырья из продуктов переработки семян подсолнечника / Т.В. Щеколдина // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2015. – №109. – С. 1-18.
223. Щербаков, В.Г. Биохимия и товароведение масличного сырья. - 5-е изд., переработ. и доп. / В.Г. Щербаков, В.Г. Лобанов // –М.: Колос, 2003. – 360 с.
224. Юхвид, И.М. Химический состав липидов высокоолеиновых семян подсолнечника / И.М. Юхвид, В.В. Илларионова, Н.В. Давыдянц // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2006. – №4. – С. 41-42.
225. Blackshaw, R.E. Integration of cropping practices and herbicides improves weed management in dry bean / R. E. Blackshaw, L. J. Molnar, H. H. Muendel, G. Saindon // Weed technology. – 2000. – Vol. 14, №2. – P. 327-336.
226. Brady, T.M. The Discovery of Imazamox, a New Broad-Spectrum Imidazolinone Herbicide / Brady, T.M. Barrington Cross, T.M. Doehner, R.F. Finn, J. Ladner, D.L // Cyanamid Agricultural Research Center, American Cyanamid Company, 1998. P.O. Box 400, Princeton, NJ 08543-0400, P. 30-37.
227. Chipman, D. Biosynthesis of 2-aceto-2-hydroxy acids: acetolactate synthases and acetohydroxyacid synthases / D. Chipman, Z. Barak, J.V. Schloss // Biochim. Biophys. Acta –1998. – №1385 (2): – P. 401–419.
228. Ciba-Geigy (1987) EP 327 492A

229. Clemente, A. Anticarcinogenic activity of protease inhibitors in legumes / A. Clemente, C. Domoney // 4th Europ. Conf. of Grain Legumes Proceedings. Cracow-Poland, 2001. – P. 114-115.
230. Desiree, L. Absorption and translocation of the imidazolinone herbicides / L. Desiree, D. L. Shaner // CRC Press, Inc., 1991
231. Devine, M.D. Differential phloem mobility of chlorosulfuron and clopyralid: effect of chlorosulfuron of translocation per se / M.D. Devine, H.D. Bestman, and W.H. Vanden Born // Weed Sci. Soc. Am. – 1987. – №27 (Abstr). – P. 70.
232. Diehl, R.E. Phthalimide derivatives as Plant-Growth Regulants / R.E. Diehl, B.L. Walworth // U.S. Patent. 4.017.299. – 1977.
233. Dobrat, W. Analysis of technical and formulated pesticides / W. Dobrat, A. Martijn // CIPAC handbook. 2000. Vol. J. P. 128-130.
234. Dobrat, W. Analysis of technical and formulated pesticides / W. Dobrat, A. Martijn // CIPAC handbook. 2000. Vol. F. P. 148-152
235. Dobrat, W. Analysis of technical and formulated pesticides / W. Dobrat, A. Martijn // CIPAC handbook. 1994. Vol. F. P. 152-153
236. Dobrat, W. Analysis of technical and formulated pesticides/ W. Dobrat, A. Martijn // CIPAC handbook. 1994. Vol. F. P. 131-132
237. Grymes C. Response of soybean (*Glycine max*) and rice (*Oryza sativa*) in rotation to AC 263,222 / C.F. Grymes, J.M. Chandler and P.R. Nester // Weed Technology. – 1995. – Vol. 9. – P. 504-511.
238. Hess, F. D. Herbicide absorption, translocation, and their relationship to plant tolerances and susceptibility / Hess, F. D // Herbicide Physiology. Duke, S. O., Ed., CRC Press, Boca Raton, 1985, – P. 191.
239. Hinshalwood, A., personal communication, 1988
240. Hudson, Harry R. The development of modern pesticides / Harry R. Hudson, Wu Jun, Xu Wei-liang // Chin. Univ. – 2002. – Vol. 18, №4. – P. 481-490.
Pont, I. de Nemours. Herbicidic mixtures // I. Pont de Nemours and Co. naT.CIIIA 6046134 (2000).

241. J, Stetter. Herbicides Inhibiting BranchedChain Amino Acid Biosynthesis – Recent Developments / Setter, J // Chemistry of Plant Protection. 1994. Vol 10.
242. Kudsk, P., Thonke K.E., Streibig. J.C. Method for assessing the influence of additives on the effect of foliar-applied herbicides. Weed Research, Volume 27, – P. 425-429
243. Los, M. Dihydroimidaizoindolediones and the Use thereof as Herbicidal Agents / M. Los // U.S. Patent 4.041.045. 1977.
244. Los, M. dihydroimidazopyrrolopyridine, quinoline, Thieno- and Furo[2,3-b]pyridine, Dihydrothieno- and –furo[2,3-b]pyridine, Thieno- and Furo[3,2-b]pyridine and Dihydrothieno- and –furo[3,2-b]pyridineHerbicides and Method of preparation thereof / M.Los // U.S. Patent 4.701.208. 1987
245. Los, M. Method of preparing Imidazolinones / M. Los // U.S. Patent. 4.125.727. – 1978.
246. Los, M. Phthalimides as plant grow regulators / M. Los, C.A. Kust, G. Lamb, R.E. Diehl // Horti Sci. – 1980. – №15-22
247. Los, M. Preperation of Imidazoliny Benzoic acids, esters, and Salts / M. Los // U.S. Patent 4.544.754.1985
248. Los, M. Пат. US4297128 A. Use of imidazoliny benzoates as herbicidal agents / M. Los // American Cyanamid Company, 1981
249. Los, M., *O*(5-Oxo-2-imidazolin-2-yl)arylcasboxilates: a new class of herbicides, in Pestiside Synthesis through Rational Approaches /M. Los, P. Magee, G. K. Kohn, and J. J. Menn // Eds., ACS Symp. Ser, №. 255. American Chemical Society, Washington D.C., – 1984. P. 29
250. McWhorter, C. G., The physiological effects of adjuvants on plants, in Weed Physiology. Vol. 2 / C. G. McWhorter, Herbicide Physiology. 1985
251. Mercer, G. Process driven models for spray retention by plants // G. Mercer, W. L. Sweatman, A. Elvin, J. Counce, G. Fulford, S. Harper, R. Pennifold //

- Proceedings of 2006 Mathematics in Industry Study Group. Ed. G Wake, Massey
252. Muhitch, M.J. Imidazolinones and Acetoxyhydroxyacid Synthase from Higher Plants /M. J. Muhitch, D.L. Shaner, M.A. Sidham // *Plant Physiol.* – 1987. – №83. – P. 451-456.
 253. Okpako, D. T. Principles of Pharmacology: A Tropical Approach / D.T. Okpaco // Cambridge University Press. 1991. – P. 118.
 254. Pester, T.A. Absorbtion, translocation and metabolism of imazamox in jointed goatgrass and feral rye / T.F. Pester, S.J. Nissen, P. Westa // *Weed Science.* – 2001. – №49. – P. 607-612.
 255. Pherson, Mc. Influence of Herbicide Tolerant Soybean Production Systems on Insect Pest Populations and Pest-Induced Crop Damage / Mc. Pherson, R. M. Johnson, W. C. Mullinix, B. G. Mills, W. A. Peebles // *Journal of Economic Entomology.* – 2003. – Vol. 96, № 3. – P. 690-698.
 256. Pilar Sandin-Espana, Inigo Loureiro, Concepcion Escorial, Cristina Chueca and Ines Santin-Montanya. The Boiassay Technique in the Study of the Herbicide Effects. In *Herbicides, Theory and Applications*, edited by Sonia Soloneski and Marcelo L. Larramendy, Published by InTech, 2011, P. 431-454.
 257. Price, C.E. Movement of xenobiotics in plants – perspectives, in *Advances in Pesticide Science/* C.E. Price, H. Geissburher, Ed., Pergamon Press, Oxford. 1978. – P. 401.
 258. Rapool. Технология возделывания ярового рапса. - 2016. [Электронный ресурс]//<http://rapool.by/cultivation-technology/technology-cultivation-spring-rape>.
 259. Shaner, D. L. Absorption, translocation, and metabolism of AC 252,214 in soybean (*Glycine max*), common cocklebur (*Xanthium strumarium*), and velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) / D. L. Shaner, P. A. Robson // *Weed Sci.*, – 1985. – №33, – P. 469

260. Shaner, D.L. and Reider, M.L. Physiological responses of corn (*Zea mays*) to AC 243,997 in combination with valine, leucine, and isoleucine /D.L. Shaner, M.L. Reider // Pestic. Biochem. Physiol –1986. – №25. – P. 248-257.
261. Shaner, D.L. Imidazolinone: potent inhibitors of acetohydroxyacid synthase / D. L. Shaner, P.C. Anderson, M.A. Stidham // Plant Physiol. –1984. – №76. – P. 545-546.
262. Shaner, D.L. Mechanism of action of the imidazolinones and cell culture selection of tolerant maize / D.L. Shaner, P.C. Anderson // Biotechnology in Plant Science-Relevance to Agriculture in the Eighties. M. Zaitlin, P. Day, A. Hallaender, eds. Academic Press, New York –1985. – P. 287-299.
263. Shaner, D.L. Singh, B.K. Interaction of imidazolinones with plants acetohydroxy acid synthase: Evidence for in vivo binding and competition with sulfometuron methyl / D.L. Shaner, B.K. Singh and M.A. Sidham // J. Agric. Food. Chem. – 1990. – №38. – P. 1279-1282.
264. Shaner, D.L. The imidazolinone Herbicides / D.L. Shaner, S.L. O'Connor // 1991. CRC Press. P. 38 – 39.
265. Shaner, D.L. The imidazolinone Herbicides / D.L. Shaner, S.L. O'Connor // 1991. CRC Press. – P. 61 – 62.
266. Shaner, D.L. The Imidazolinone herbicides / D.L. Shanner, S.L. O'Connor // CRC Press, Inc, 1991 Chapter 17-20.
267. Shaw, D.R. Interacting Effects of Imidazolinone Herbicide Mixtures on Translocation in Pitted Morningglory (*Ipomoea Lacunosa*)/D.R. Shaw, D.G. Riley, B.W. Minton// Weed Science. – 1991. – №4. – P. 540-542.
268. Steller, W.S. Пат. EP0256414. Herbicidal aqueous compositions of imidazolinone herbicides / W.S. Steller, R.C. Keintz // American Cyanamid Company, 1988
269. Stetter, J. Herbicides Inhibiting BranchedChain Amino Acid Biosynthesis – Recent Developments / J, Stetter// Chemistry of Plant Protection. – 1994. – V 10. – P. 98

270. Wills, G. W. Influence of inorganic salts, in *Weed Physiology* / G.W. Wills, C.G. McWhorter // *Herbicide Physiology*. – 1985. – V. 2. Duke, S. O., Ed., CRC Press, Boca Raton, P. 141.
271. Wolswinkel, P. Phloem unloading and “sink strength”: the parallel between the site of attachment of *Cuscuta* and developing legume seeds / P. Wolswinkel // *Plant Growth Regul.* – 1984. – №2, – P. 309.
272. Zandstra, B. Guide to tolerance of crops and susceptibility of weeds to herbicides / B. Zandstra, M. Particka, J. Masabni // *Extension Bulletin E-2833*. Michigan State University. 2004. – P. 81-120.