

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
**«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**
(Н И У « Б е л Г У »)

ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК

КАФЕДРА БИОЛОГИИ

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗЛИЧНЫХ
ИНСЕКТИЦИДОВ ПРОТИВ КОЛОРАДСКОГО ЖУКА В УСЛОВИЯХ
СОЛНЦЕВСКОГО РАЙОНА КУРСКОЙ ОБЛАСТИ**

Выпускная квалификационная работа
обучающегося по направлению подготовки 06.03.01 Биология
очной формы обучения, группы 07001418
Селютиной Алины Евгеньевны

Научный руководитель
к.б.н., ст. преподаватель
Бурменко Ю. В.
Консультант
д.с.-х.н., заведующий
НИЛ экологической инженерии
НИУ «БелГУ»
Коробов В. А.

БЕЛГОРОД 2018

Оглавление

Введение.....	3
Глава 1. Обзор литературы по теме исследования.....	5
1.1. Колорадский жук как биологический вид.....	5
1.1.1. Систематическое положение.....	5
1.1.2. Происхождение, распространение и современный ареал.....	5
1.1.3. Морфологические особенности.....	9
1.1.4. Экология вида <i>L. decemlineata</i>	12
1.2. Вредоносность колорадского жука и факторы, определяющие ее.....	14
1.3. Система защиты картофеля от колорадского жука.....	16
Глава 2. Физико-географическое описание района исследования.....	19
Глава 3. Материал, условия и методы исследования.....	23
3.1. Методы закладки опыта, учета результатов и статистической обработки данных	23
3.2. Характеристика сорта картофеля, используемого в опыте.....	26
3.3. Характеристика применяемых в опыте инсектицидов.....	27
3.3.1. Фитоп 22.78.....	27
3.3.2. Энтолек.....	28
3.3.3. Fitaktiv Intro.....	28
3.3.4. Клотиамет Дуо.....	29
3.4. Метеорологические условия региона исследования.....	30
Глава 4. Полученные результаты и их обсуждение.....	32
4.1. Биологическая эффективность инсектицидов и динамика численности колорадского жука на опытном участке.....	32
4.2. Оценка хозяйственной эффективности инсектицидов.....	36
4.3. Результаты изучения фитотоксичности почвы.....	37
Выводы.....	40
Список использованных источников.....	41

Введение

В Российской Федерации картофель возделывается на площади около 1900 тыс. га и является важнейшей продовольственной, кормовой и технической культурой. Однако урожайность этой культуры в стране невелика и не превышает 250 ц с га. В то время как в европейских странах, таких как Бельгия, Франция, Германия урожайность этой культуры достигает 405–432 ц с га [Кузнецова, 2018]. Одной из причин низкой урожайности картофеля являются высокие потери от вредителей, болезней и сорняков. По данным Минсельхоза РФ совокупные потери урожая картофеля от них достигают 49,0 % [Министерство..., 2018].

Среди вредителей картофеля наибольшее экономическое значение имеет колорадский жук. По данным С. В. Усова и В. Ф. Фирсова [2007] потери урожая от этого вредителя в условиях Центрально-Черноземного региона могут достигать 70–80 и даже 100 %. Благоприятные климатические условия и большое количество личных подсобных хозяйств, где пестициды применяются бессистемно, позволяют вредителю быстро восстанавливать свою численность и поддерживать ее на высоком уровне. Неконтролируемое применение химических средств защиты растений позволяет вредителю вырабатывать резистентность ко многим препаратам, что усложняет борьбу с ним. В настоящее время колорадский жук проявляет резистентность к таким современным инсектицидам, как пиретроиды и неоникотиноды [Рославцева, 2009]. Это в свою очередь требует непрерывного увеличения объемов применения инсектицидов, в связи с чем картофель становится одной из наиболее интенсивно обрабатываемых сельскохозяйственных культур [Сравнительная оценка..., 2012], что вызывает большие риски загрязнения их остатками окружающей среды и выращиваемой продукции. Учитывая это, актуальным остается вопрос поиска новых, эффективных и экологически безопасных средств защиты картофеля от колорадского жука.

Объектом исследования является вредитель картофеля – колорадский

жук (*Leptinotarsa decemlineata* Say).

Предметом исследования стало изучение сравнительной биологической и хозяйственной эффективности инсектицидных препаратов Фитоп 22.78, Fitaktiv Intro, Энтолек и Клотиамет Дуо и их влияние на фитотоксичность почвы.

Цель исследования: дать сравнительную оценку биологической, хозяйственной эффективности и экологической безопасности препаратов для контроля численности колорадского жука на картофеле в условиях Солнцевского района Курской области.

Задачами исследования были:

- 1) изучить влияние обработок картофеля препаратами Фитоп 22.78, Fitaktiv Intro, Энтолет и Клотиамет Дуо на динамику численности колорадского жука;
- 2) дать оценку сравнительной биологической эффективности испытываемых препаратов;
- 3) оценить хозяйственную эффективность применения инсектицидов против колорадского жука;
- 4) изучить влияние обработок инсектицидами картофеля на фитотоксичность почвы.

Научная новизна: впервые для условий Курской области получены данные по эффективности применения против колорадского жука инсектицидных препаратов Фитоп 22.78, Fitaktiv Intro, Энтолек и Клотиамет Дуо.

Практическая значимость работы: полученные данные по эффективности воздействия исследуемых препаратов, могут быть применены для совершенствования системы защиты картофеля от колорадского жука в Центрально-Черноземном регионе.

Выпускная квалификационная работа представлена на 46 страницах, состоит из оглавления, введения, 4 основных разделов и выводов. Список использованных источников насчитывает 64 наименования, в том числе 11 на иностранном языке. В работе используются 4 таблицы и 13 рисунков.

Глава 1. Обзор литературы по теме исследования

1.1. Колорадский жук как биологический вид

1.1.1. Систематическое положение

В 1824 г. американским энтомологом Thomas Say по экземплярам, собранным в Скалистых горах на рогатом паслёне (*Solanum rostratum* Dun.) был описан новый вид, отнесенный им к роду *Chrysolina*. После чего немецкий энтомолог Christian Wilhelm Ludwig Eduard Suffrian в 1858 году отнес этот вид к роду *Doryphora*. Наконец, в 1865 году Шталь – шведский исследователь этой группы жуков – поместил этот вид в установленный им же в 1858 году род *Leptinotarsa*. Таким образом колорадский картофельный жук (*Leptinotarsa decemlineata* Say) занял свое нынешнее систематическое положение: отряд жесткокрылые (Coleoptera), семейство листоеды (Chrysomelidae), подсемейство настоящие листоеды Chrysomelinae, триба Doryphorini, род *Leptinotarsa*, вид *L. decemlineata* [Колорадский картофельный..., 1981].

1.1.2. Происхождение, распространение и современный ареал

Центром происхождения и формообразования рода *Leptinotarsa* считается южная Мексика. Большинство видов распространено именно там, а также в Центральной Америке. Виды *Leptinotarsa* имеют, как правило, небольшие ареалы, особенно в районе Мексиканского нагорья. Все это говорит о молодости рода и об интенсивном формообразовании [Колорадский картофельный..., 1981].

Северные районы Мексики и восточные склоны Скалистых гор считаются центром происхождения колорадского жука, который обитает здесь на ксерофитных пасленовых *S. rostratum*, *S. cornutum* Lam., *S. carolinense* L. [Balachovsky, Mesnil, 1936]. В начале XIX века в этом районе усилились миграции населения, массовые перегоны скота и развивались торговые пути. Всё это способствовало перемещению диких пасленовых и питающихся ими

насекомых. К 40-м годам *L. decemlineata* достиг штатов Колорадо и Небраска. На тот момент вид не имел хозяйственного значения, так как питался дикими пасленовыми *S. rostratum* и *S. cornutum*. Но уже к концу 50-х годов был отмечен большой ущерб, нанесенный картофелеводству в штате Колорадо, откуда и пошло интенсивное расселение колорадского жука [Chittenden, 1907]. К 1880 году ареал жука в США увеличился более чем на 4 млн. км² [Trouvelot, 1936]. После того как в 1874 году колорадский жук достиг побережья Атлантического океана, стало возможным его расселение в Евразии, что и произошло в 1877 году несмотря на введенный карантин. Очаги распространения вредителя на территории Европы удавалось ликвидировать вплоть до 1922 года, когда во Франции был обнаружен очаг в несколько сотен км², который не был полностью ликвидирован [Fejetaud, 1950]. В последующие годы шло активное расселение колорадского жука на территории Европы, и в 1953 году он достиг границ СССР, где успешно ликвидировался до 1958 года. Затем произошло массовое заселение территории СССР от Карпат до Балтийского моря. Во второй половине 60-х годов он был обнаружен в Брянской и Смоленской областях [Колорадский картофельный..., 1981]. Далее шло активное расширение ареала в восточном направлении, и уже к 1980 году были обнаружены отдельные очаги в Уральской, Гурьевской, Актюбинской, Челябинской, Кемеровской и Новосибирской областях, в Казахстане и Закавказье [Лебедев, 1980]. В последующие годы расширение ареала проходило в северном направлении – юг Карелии, Астраханской области, республики Коми, Ленинградская область [Влияние..., 2007]. К 2004 году территория обитания расширилась за счет заселения Псковской и Новгородской областей [Калинина, Николаева, 2004]. В начале XXI века скорость распространения колорадского жука на восток значительно снизилась, возможно из-за достижения климатической границы ареала (рис. 1) [Влияние..., 2007]. В районе Приморского края колорадский жук был впервые зарегистрирован в 2000 году, а к 2014 году получил широкое распространение на всей площади возделывания картофеля [Коваленко, Новоселов, 2016]. По-

ка это удаленный от основного ареала непрерывно растущий очаг. В 2012 году было отмечено появление колорадского жука в Амурской области и Хабаровском крае [Мацишина, 2012].

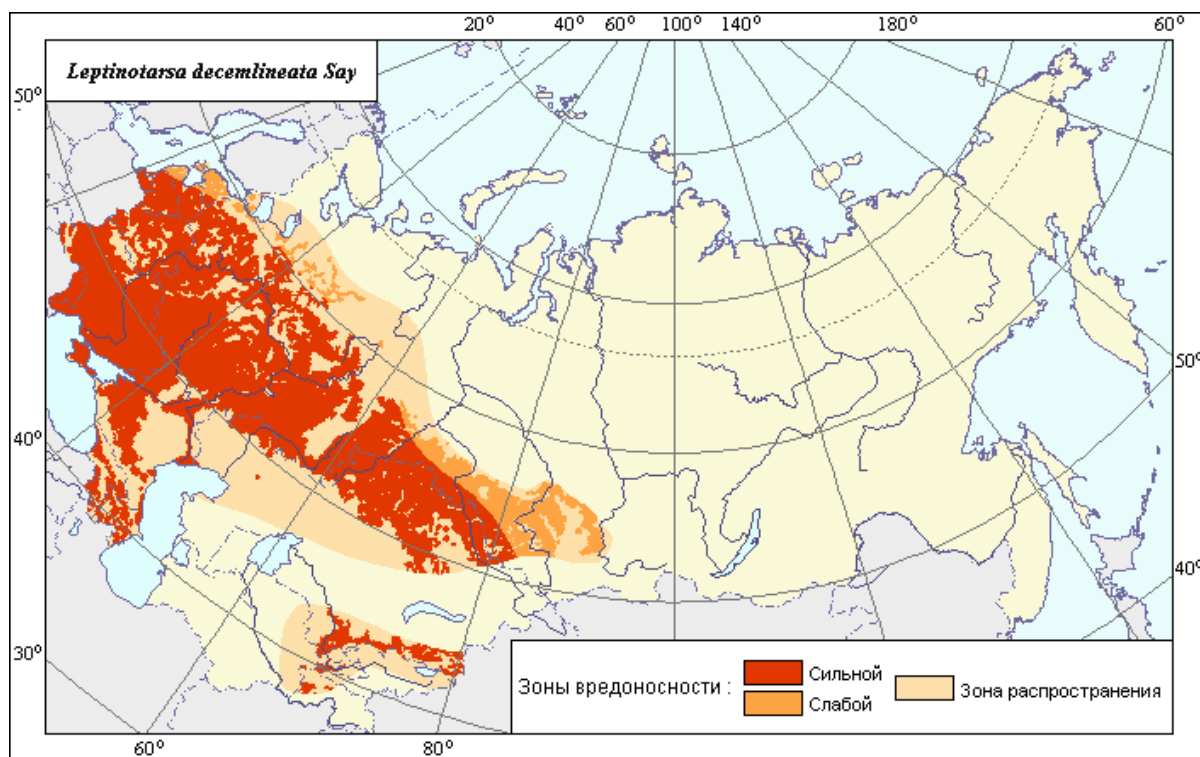


Рис. 1. Распространение колорадского жука к началу XXI века на территории стран СНГ [Фасулати, Саулич, 2004]

Таким образом за почти сто лет присутствия на материке Евразия (с 1922 года) жук образовал здесь разорванный ареал, включающий три географически изолированных фрагмента: европейско-сибирский, среднеазиатский и дальневосточный [Колорадский жук..., 2009].

Удивительная экологическая пластичность *L. decemlineata*, необычайно широкие адаптивные способности позволили ему за два столетия распространиться с севера Мексики по территории трех континентов – Северной Америке, Европе и Азии и увеличить ареал в сотни раз. Расширение территории продолжается и в наши дни. Предполагается, что факторами, лимитирующими расширение, могут послужить климатические условия. Показано, что потенциальный ареал ограничивается изотермой среднегодовой температуры

0 °С в северном и восточном направлениях, и изотермой среднемесячной температуры июля +27 °С в южном направлении. Кормовая база и условия увлажнения на данной территории не являются лимитирующими [Влияние..., 2007].

По данным Е. Н. Поповой и И. О. Попова [2013], за ближайшие 30 лет колорадский жук может значительно продвинуться в северном и восточном направлениях, заселить Томскую область, запад Иркутской области, юго-восток Бурятии, юг Амурской области и Хабаровского края, остров Сахалин (рис. 2). Вместе с этим ожидается сокращение ареала на юго-востоке Узбекистана, Таджикистана и юге Туркменистана.

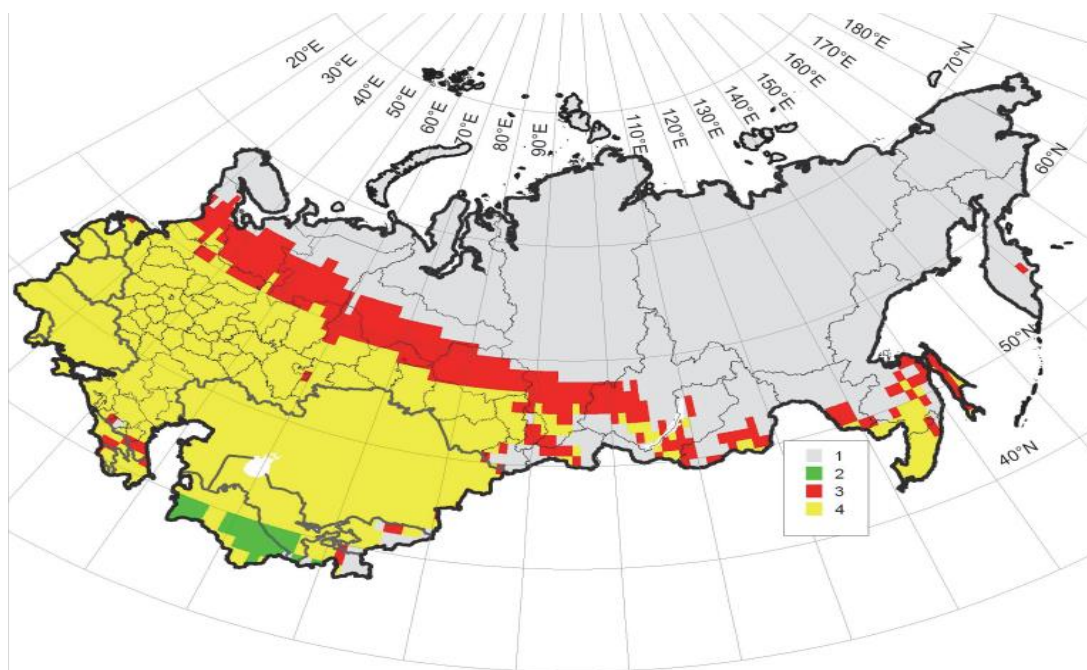


Рис. 2. Потенциальные изменения климатического ареала колорадского жука на территории России и соседних стран. Базовый период 1981–2000 гг. Потенциальные изменения относятся к 2028–2047 гг., когда согласно модельным данным произойдет увеличение среднегодовой температуры воздуха на 2 °С. 1 – территория вне ареала вредителя, 2 – территория сокращения климатического ареала вредителя при увеличении среднегодовой температуры воздуха, 3 – территория приращения климатического ареала вредителя при увеличении среднегодовой температуры воздуха, 4 – часть климатического ареала вредителя, оставшаяся неизменной в оба исследуемых периода

Биологическую инвазию рассматривают как процесс последовательного освоения адвентивным видом новых для него экосистем-реципиентов. Основные этапы, выделяемые в этом процессе – вселение, акклиматизация, натурализация и интеграция [Колрадский жук..., 2009].

В зависимости от продолжительности обитания жука на той или иной территории с момента заселения его реализованный ареал подразделяют на три зоны, которые определяют этап инвазии в данной местности и степень интегрированности в агроэкосистемы.

Курская область относится к зоне интеграции вида в местных агроэкосистемах. *L. decemlineata* здесь полностью интегрировался и обладает всеми признаками аборигенного вида. Распространение вида условно сплошное, нет резких колебаний численности [Малюга и др., 2011].

1.1.3. Морфологические особенности

Взрослый колорадский жук – довольно крупное насекомое, хорошо заметное на зеленых листьях растений благодаря своей окраске. Тело короткоовальное, длиной 9–12 мм и шириной 6–7 мм, сильновыпуклое, блестящее, красновато-желтое со светлыми надкрыльями, с пятью черными полосами на каждом.

Голова гипогнатическая, поперечная, слабовыпуклая, втянутая в переднегрудь до узких, слабопочковидных глаз. Усики из одиннадцати члеников, расширенные начиная с седьмого членика, прикреплены в усиковых впадинах. Ротовой аппарат грызущего типа.

Широкая переднеспинка сильно выпуклая. Поверхность ее покрыта редкими мелкими вдавленными точками, становящимися более крупными у боковых краев. Голова и переднеспинка выглядят матовыми, потому что в промежутках между точками поверхность имеет выраженную микроскульптуру. Среднеспинка прикрыта переднеспинкой. Щиток гладкий, треугольный, вытянутый в длину. Заднеспинка довольно длинная, слабохитинизиро-

ванная. Длинная, трапециевидная заднегрудка покрыта тонкими, длинными, редкими волосками.

Надкрылья твердые, выпуклые, по бокам слабоокругленные, на вершине слегка приостренные. Плечевой бугорок слабо выражен. Поверхность надкрылий имеет укороченный пришовный ряд точек и пять пар полных точечных рядов. Валики на внутренней поверхности надкрылий соответствуют жилкам и точечным рядам.

Тонкие перепончатые крылья хорошо развиты, в местах поперечных перегибов заметны белые пятна. Жилки темно-коричневого или желтого цвета. Кантароидное жилкование крыльев.

Ходильные ноги довольно короткие. Имеют треугольный вертлуг, слегка утолщенные и уплощенные с боков бедра. Голень расширяется к вершине и несет с внешней стороны продольный желобок с заостренными краями. Лапки четырехчлениковые: три членика снизу с густой волосистой щеткой, четвертый узкий и длинный, несет тонкие сближенные коготки, без зубца на основании.

Брюшко состоит из семи тергитов, прикрытых надкрыльями и пяти хорошо различимых хитинизированных стернитов.

Половой диморфизм выражен очень слабо. Как правило, самка крупнее самца, однако этот признак ненадежен, так как диапазон изменчивости размеров у полов частично перекрывается. У самцов последний стернит более выпуклый и имеет продольную вдавленную линию; его задний край явственно притуплен. У самки последний стернит с округло-треугольным задним краем и отсутствует бороздка [Колорадский картофельный..., 1981].

Яйцекладка обычно содержит 25–40 яиц (реже до 100), расположенных вертикально на нижней стороне листа (рис. 3). Яйца овальные, блестящие, от желтого до кирпично-красного цвета, длиной до 1,5 мм и шириной до 0,8 мм. Окраска кладок может несколько меняться по мере развития яиц из-за загрязнения оболочки или просвечивания растущего зародыша [Колорадский жук..., 2009].



Рис. 3. Яйцекладка колорадского жука на растении картофеля (д. Большая Козьмодемьяновка, Курская область, 2017)

Личинка *L. decemlineata* отличается от личинок других листоедов ярк-оранжевой окраской, бугровидно приподнятыми стигмальными склеритами и характерными выступами на переднем крае верхней губы у срединной выемки. Личинка относится к типу открытоживущих, обитает на листьях, имеет четыре личиночных возраста, разделенных линьками (рис. 4). После выхода из яйца тело личинки от 1,5 мм длиной, а перед окукливанием – до 16 мм.

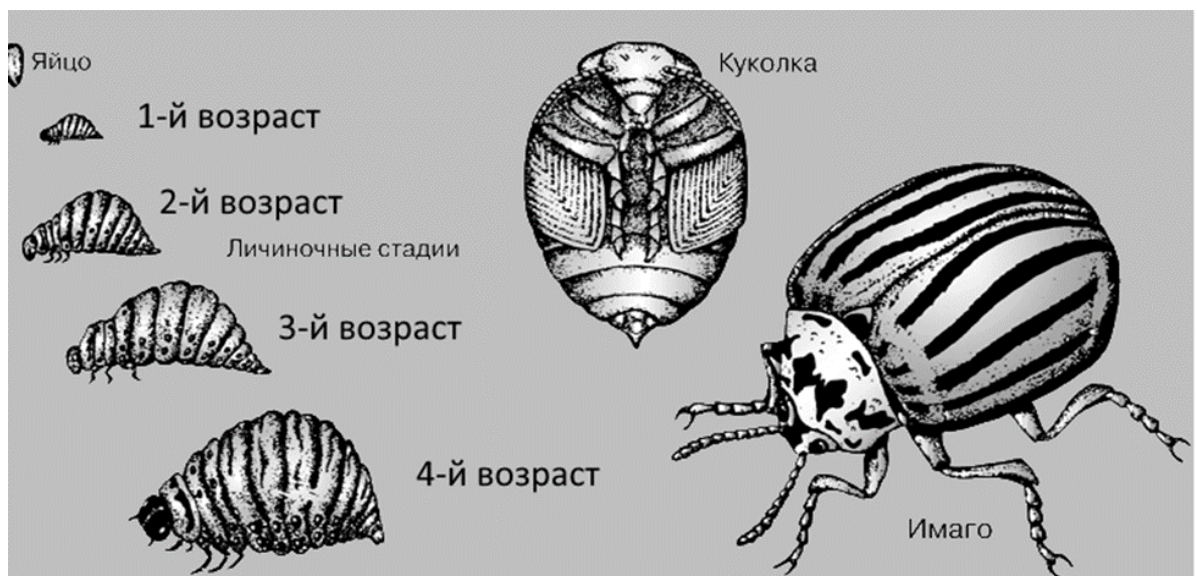


Рис. 4. Стадии развития *L. decemlineata* [Тип превращения..., 2017]

Голова и ноги черные, брюшко в 1–3 возрастах красно-бурое, в конце четвертого возраста (перед окукливанием) оранжево-розовое или желтое [Колорадский картофельный..., 1981; Колорадский жук..., 2009].

Куколка открытого типа желтая, оранжевая или красно-оранжевая, длиной 8–12 мм и массой 50–170 мг [Колорадский картофельный..., 1981].

Молодые жуки, только что вышедшие из куколки, ярко-оранжевого цвета. Характерную для имаго окраску они приобретают через 1–2 суток [Jermy, Saringer, 1955].

1.1.4. Экология вида *L. decemlineata*

Неблагоприятный зимний период колорадский жук переносит на стадии имаго в состоянии диапаузы в почве на глубине 20–40 см обычно на тех же участках, где происходило размножение и питание. В зависимости от условий в зимний период погибает от 1 до 90 % популяции [Глез, Черкашин, 2002]. Весной они выходят из почвы и после 1–2 недель восстановительного периода начинают питаться и спариваться (рис. 5), если спаривание не произошло осенью.



Рис. 5. Спаривание колорадского жука (д. Большая Козьмодемьяновка, Курская область, 2017)

Откладка яиц начинается через 3 дня после спаривания, но не раньше, чем длина светового периода станет равной 15–16 ч/сут.

Оптимальная для откладки яиц температура воздуха +20–25 °С и влажность 60–85 % [Колорадский картофельный..., 1981]. Нижний температурный порог для развития колорадского жука установлен на уровне +11,5 °С, а верхний – на уровне +37–38 °С [Alfaro, 1943].

В климатических зонах с двумя и более генерациями вредителя в сезон, летом наступает период летнего сна или летней диапаузы, когда жуки зарываются в почву на срок от 1–10 до 11–30 дней. В таких местах молодые самки первой генерации начинают откладывать яйца через 20–25 дней после окрыления. На протяжении одного дня самка делает не более одной яйцекладки. Это повторяется в течении всей активной жизни самки, так как яйца созревают партиями постепенно [Колорадский картофельный..., 1981]. Доказано, что питание жуков старыми листьями картофеля замедляет оогенез и яйцекладку и приближает наступление диапаузы [Kowalska, 1969]. Высокую жизнеспособность вида отчасти объясняет тот факт, что у колорадского жука усваивается около 50 % поступающей с пищей энергии, большая часть из которой тратится на прирост биомассы [Chlodny et al., 1967].

Отрождение личинок происходит при температуре не ниже +15 °С, причем при +17 °С эмбриогенез продолжается 216 часов, а при +27 °С – 96 часов [Захваткин, 1966]. Вышедшие из яиц личинки некоторое время удерживаются на яйцекладке. В их желудках содержится значительное количество желтка, что позволяет им не питаться пока их хитиновый покров затвердеет. В первые сутки они съедают оболочки яиц и неразвившиеся яйца, а затем перемещаются на верхушку растения, где питаются молодыми листьями. В III, IV возрасте личинки способны заселять соседние растения. После окончания питания личинка IV возраста – предкуполка спускается с растения на землю, зарывается в радиусе 10–20 см от куста на глубину 5–12 см и устраивает себе «колыбельку», в которой через несколько дней линяет, превращаясь в куколку. Фаза куколки занимает 8–15 и более дней в зависимости

от условий. Оптимальны для развития температура воздуха +22–27 °С и влажность около 30 % от полной влагоемкости почвы.

Тип и влажность почвы влияют на смертность куколок и предкуколок, а также на плодовитость вышедших самок, которая может снижаться до нуля.

Молодые жуки сразу не выходят на поверхность почвы, а остаются в ней на 1–2 дня, при засухе – до месяца могут погибнуть [Колорадский картофельный..., 1981].

Колорадский жук обладает высокой миграционно-расселительной способностью. В зависимости от скорости ветра он может перелетать на расстояние до 350 км. Большое значение так же имеют локальные миграции в радиусе 3–5 км в поисках пищи и мест откладки яиц [Колорадский жук..., 2009].

1.2. Вредоносность колорадского жука и факторы, определяющие ее

Вредоносность колорадского жука рассматривают с биологической и экономической точек зрения. Экономическая вредоносность напрямую зависит от потери урожая и его стоимости на рынке, а биологическая – от воздействия на репродуктивную способность повреждаемого растения. Степень воздействия колорадского жука на картофель определяется его численностью и прожорливостью. В связи с отсутствием естественных регуляторов численности в европейской части ареала колорадского жука и способностью образовывать несколько генераций за сезон, наблюдается высокая плотность популяций, способная привести к большому ущербу [Колорадский картофельный..., 1981]. По теоретическим расчетам потомство одной самки в зоне с тремя генерациями за сезон может достичь 30 млн особей [Богданов-Катков, 1947].

При определении экономических порогов вредоносности (ЭПВ) учитывают численность личинок и взрослых жуков, а также количество заселенных растений. ЭПВ для всходов картофеля (высота растений 10–15 см) – заселенность 5 % кустов, а для фазы бутонизации – 10–20 личинок на куст, при засе-

лении 5–10 % растений. Достижение ЭПВ служит сигналом для борьбы с вредителем [Министерство..., 2016].

Наиболее прожорливыми являются молодые жуки летней генерации, съедающие 136 мг листовой массы за сутки, на втором месте личинки IV возраста, съедающие 110 мг, на третьем – перезимовавшие особи, съедающие 75 мг, а затем расположились личинки III, II и I возраста, съедающие за сутки 50, 10 и 3 мг соответственно. Стадия личинки длится около 16 суток, за это время она способна поглотить 780 мг корма. Взрослая особь за время своей жизни съедает в 5 раз больше – около 4 г листовой массы. Из-за высокой продолжительности жизни взрослый жук наносит больший вред, чем личинка, причем самки съедают в 2 раза больше пищи, чем самцы [Колорадский картофельный..., 1981].

Вредитель предпочитает молодые верхушечные листья, затем переходит на более нижние ярусы, уничтожив всю листву, он объедает черешки и стебли, после чего переходит на соседние растения [Колорадский жук..., 2009]. На протяжении всего периода вегетации картофеля присутствуют питающиеся стадии колорадского жука – это усиливает его вредоносность.

Разные сорта картофеля имеют разную скорость регенерации и устойчивость к жуку также определяющие его вредоносность. Устойчивость обусловлена наличием неблагоприятных для вредителя веществ и отсутствием веществ, необходимых для полноценного питания [Колорадский картофельный..., 1981]. Регенеративные способности картофеля обеспечивают восстановление утраченной до 25 % листвы без потери урожая [Хижняк и др., 1960]. Важное значение имеет кратность повреждений. Повторное снижение листовой массы приводит к значительному уменьшению урожайности, тогда как однократное удаление до четверти листвы может наоборот стимулировать урожайность за счет усиления физиологических процессов в неповрежденных тканях. Важно так же учитывать фазу вегетации поврежденного картофеля. Дефолиация кустов картофеля 10 личинками в период цветения приводит к снижению урожая на 1,1–9,0 %, 25 – на 8,5–17,5 %, 40 – на 16,7–

45,3 %, 45 – на 12,6–28,6 %, 55 – на 46,5 % [Бирман, 1969]. Наиболее чувствителен картофель к потере листовой массы в ювенильный период органогенеза, когда формируется листовой аппарат, закладываются и формируются клубни. Снижение ассимиляционной поверхности приводит к нарушению обменных процессов и транспорта ассимилятов к образующимся клубням, что существенно снижает качество и количество урожая [Колорадский жук..., 2009]. Поэтому первая генерация колорадского жука является наиболее вредоносной. Развитие второго и третьего поколения вредителя совпадает с периодом созревания клубней картофеля. Даже сильное повреждение надземной части после массового цветения не сказывается на количестве урожая, однако может стать причиной снижения качества [Глез, Черкашин, 2002].

1.3. Система защиты картофеля от колорадского жука

По мере прохождения колорадским жуком этапов инвазии на Евразийском континенте некоторые местные виды многоядных энтомофагов и энтомопатогенов стали приспосабливаться к питанию этим насекомым. Однако процесс этой адаптации занимал от 18 до 40 лет после инвазии жука. Длительность адаптации объясняется способностью вредителя накапливать яд соланин, содержащийся в пасленовых. К концу XX века было выявлено 293 потенциальных энтомофага колорадского жука [Гусев, Коваль, 1990; Гусев, 1991]. Выделяют 18 видов наиболее широко распространенных приспособленных к питанию яйцами, личинками и имаго колорадского жука. В некоторых зонах энтомофаги способны снижать численность жука на 30–75 %. Несмотря на это они не способны сдерживать его развитие ниже экономического порога вредоносности, поэтому все равно возникает необходимость в активных мерах борьбы [Гусев, 1991].

Для борьбы с колорадским жуком чаще всего применяют обработки инсектицидными препаратами.

Инсектициды – вещества или смеси химического или биологического происхождения, предназначенные для уничтожения вредных насекомых.

Инсектициды по способности проникать в организм вредителя подразделяют на:

- контактные – способны проникать в организм насекомого через кутикулу и вызывать отравление;
- кишечные – вызывают отравление при попадании в кишечник насекомого вместе с пищей;
- системные – эта группа способна проникать в растение и передвигаться по его сосудистой системе, вызывая гибель вредителей, обитающих внутри тела растения, а также отравляют насекомых, поедающих растения;
- фумиганты – препараты химической природы, попадающие в организм насекомых через дыхательные пути и вызывающие отравление [Ганиев, Недорезков, 2006].

По механизму действия инсектициды делят на 4 группы:

1) вещества, нарушающие функции нервной системы. Синтетические пиретроиды и галогенпроизводные углеводородов – действуют на ионные каналы, нарушая прохождение нервного импульса по аксону, на натрий-калиевые каналы и обмен кальция. Фосфорорганические соединения и карбаматы – ингибиторы ацетилхолинэстеразы.

2) вещества, блокирующие постсинаптические рецепторы. Различаются в зависимости от рецепторов, на которые действуют: неоникотиноиды и бенсултап (холинэргические рецепторы), авермектины и фенилпиразолы (рецепторы ГАМК и глутамата).

3) ингибиторы окислительного фосфорилирования – феназахин, пиримдабен.

4) ингибиторы синтеза хитина – производные бензоилмочевины [Основы..., 2003].

Данные классификации дают возможность судить о способах проникновения инсектицидов в организм и механизмах их действия, а следовательно-

но, о методах их использования.

Среди средств защиты особое место занимают, набирающие все большую популярность в последние годы, биопрепараты на основе энтомопатогенных микроорганизмов. Они проявляют высокую селективность, безопасны для энтомофауны и теплокровных животных. К таким микроорганизмам относят 25 родов грибов, бактерий, актиномицетов, нематод и простейших [Кандыбин, 2005].

Традиционным и пока наиболее эффективным методом борьбы остается обработка химическими инсектицидами. Однако бесконтрольное их применение особенно с нарушением регламента приводит к быстрому развитию резистентности у колорадского жука. Приходится увеличивать дозы и кратность обработок, что приводит к загрязнению окружающей среды. Многие химические препараты являются веществами широкого спектра действия и наносят значительный вред энтомофауне, а также они небезопасны для теплокровных [Зинченко, 2005].

Своевременную защиту картофеля от колорадского жука, оптимальное фитосанитарное состояние и стабильные урожаи высокого качества обеспечивает интегрированная система защиты. Она представляет собой не просто смешение нескольких способов борьбы с вредителями, а интеграцию всех доступных, и включает в себя комплекс профилактических мер, направленных на снижение вредоносности жука за счет создания условий неблагоприятных для его развития. К ним относятся ряд агротехнических мероприятий по обработке почвы и уходу за растениями, селекция сортов, устойчивых к колорадскому жуку; обязательный мониторинг численности и составление прогноза проведения необходимых обработок и их сроки; мониторинг развития резистентности к применяемым инсектицидам [Колорадский жук..., 2009; Принципы..., 1999].

Глава 2. Физико-географическое описание района исследования

Солнцевский район, где проводилось наше исследование, расположен в юго-восточной части Курской области, на юго-западных склонах Среднерусской возвышенности Восточно-Европейской равнины. С севера район граничит с Курским и Щигровским районами, с востока – с Тимским и Мантуровским, с юга – с Пристенским, с запада – с Медвенским районом.

Протяженность района с севера на юг – 42 км., с востока на запад – 38 км, площадь составляет 1051,77 км² (3,5 % территории Курской области) из них 83,4 % (895,85 км²) – площадь сельхозугодий, в том числе 69,6 % пашни, 13,8 % естественных кормовых угодий [Курская..., 2017].

На территории Солнцевского района разрабатываются месторождения торфа (Дежевское и Плосковское), красной глины для производства кирпича (Солнцевское), в деревне Княжая – месторождение строительного песка для производства силикатного кирпича и бетона (рис. 6).

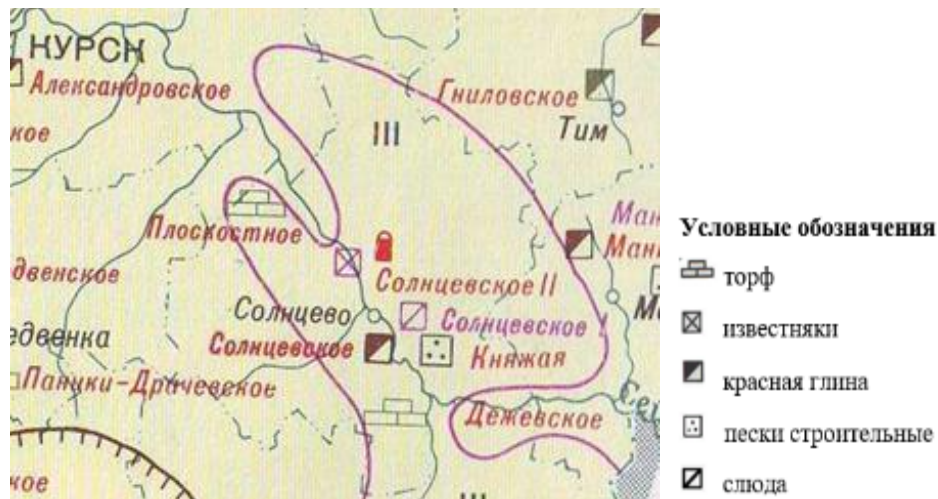


Рис. 6. Карта месторождений нерудных полезных ископаемых [Курская..., 2017]

Однако ведущую роль в районе занимает сельское хозяйство и в частности растениеводство. Крестьянско-фермерские хозяйства, с/х предприятия и население района в личных подсобных хозяйствах занимаются производством сельскохозяйственной продукции. Яркой выраженной специализации нет – район является производителем зерновых культур, сахарной свеклы,

картофеля, сои, подсолнечника [Краткая информация..., 2017].

В Солнцевском и некоторых других районах Курской области отмечен наиболее высокий уровень пестицидной нагрузки – более 100 г действующих веществ на 1 га. В результате активного антропогенного воздействия, почвы района загрязнены Pb, Zn, Cu, As и другими соединениями, содержащимися в пестицидах, минеральных и органических удобрениях [Курбатова, 2017].

Из почв на территории района наиболее распространены черноземы (93,5 %): оподзоленные с мощностью гумусного горизонта от 60 см на среднесмытых до 93 см на несмытых почвах, выщелочные с мощностью гумусного горизонта от 40 см на среднесмытых до 102 см на несмытых и в основном типичные (57,2 %). Почвы в большинстве средне- и малогумусные с количеством гумуса 2,1–7,8 %, кислотность колеблется от 4,6 до 6,6 единиц, щелочно-гидролизного азота от 105 мг/кг до 181 мг/кг, подвижного фосфора от 76 мг/кг до 200 мг/кг, по механическому составу тяжело и среднесуглинистые. Структура почв комковатая, комковато-зернистая [Королев, 2012]. Совокупный показатель уровня плодородия почв в среднем составляет $k=0,89$ и относится к высокому уровню обеспеченности. Оценочный бал сельхозугодий – 41.

В геоморфологическом отношении территория представлена водоразделом и подпойменными террасами. Волнистый рельеф массива обусловлен множеством балок и оврагов в основном с хорошо задернованными склонами, за исключением склонов южной и юго-восточной экспозиции, где травянистая растительность изрежена [Курская..., 2017]. Большая часть территории подвержена эрозии, чему способствуют широкое распространение склонов различной крутизны, рыхлые породы, ливневый характер выпадения осадков, быстрое таяние снега, а также деятельность человека: распашка задернованных склонов, низкая агротехника, вырубка леса.

Гидрологическая сеть района представлена реками Сейм, Лещинка, Донецкая Сеймица, Ивица, Хан и ручьями, относящимися к бассейну р. Днепр. Источниками питания рек являются атмосферные осадки и грунтовые

воды юрско-девонского, верхнемелового водоносных комплексов, характеризующихся удовлетворительным качеством воды при относительно высокой степени защищенности. Уровень грунтовых вод колеблется в пределах от 1 метра в долинах и балках до 20–30 метров на возвышенных плато [Королев, 2012]. Воды слабоминерализованы, пригодны для питья и орошения. Степень дренированности района гидрографической сетью в целом следует считать удовлетворительной.

Климат района умеренно-континентальный. Территория за год получает 89 ккал/см² солнечной радиации. Среднемесячная температура самого теплого месяца (июль) равна +19,6 °С, самого холодного (январь) (–8,4) °С. Число дней со среднесуточной температурой выше 0 °С – 231, продолжительность периода возможной вегетации растений 189 дней [Архив..., 2017].

По условиям теплообеспеченности Солнцевский район относится к умеренному поясу. Среднегодовая сумма эффективных температур выше 10 °С составляет 2460 °С [Солнцевский..., 2017].

Среднегодовое количество осадков 591 мм. Наибольшее количество осадков выпадает в июле (74 мм), наименьшее в феврале (21 мм). Часто в начале зимы осадки выпадают в виде мокрого снега или снега с дождем. Высота снежного покрова 180 мм. Основными направлениями ветров, вызывающих суховеи и метели, являются южные и западные [Климат..., 2017].

В целом климат характеризуется умеренной континентальностью, большой продолжительностью безморозного периода, достаточным годовым количеством осадков и тепла, необходимых для выращивания сельскохозяйственных культур.

Растительный покров Солнцевского района состоит из естественных группировок и возделываемых сельскохозяйственных культур.

По ботанико-географическому районированию территория района относится к зоне типичной лесостепи, для которой в далёком прошлом было характерно наличие больших площадей со степной растительностью и небольших массивов лесов.

Среди травянистой растительности в прошлом преобладало разнотравье, леса были широколиственные. В настоящее время естественная растительность сохранилась отдельными и небольшими участками, приуроченными к балкам. Лугово-степная естественная растительность сохранилась в балках и поймах рек и ручьёв, а также в замкнутых понижениях надпойменной террасы и водораздела [Королев, 2012].

Растительность в основном представлена злаково-бобовыми группировками. В травостое доминируют злаки: мятлик узколистный, полевица тонколистная. В небольших количествах встречаются овсяница луговая, тимофеевка луговая, костёр безостый. Бобовые представлены клевером белым, клевером луговым, люцерной жёлтой.

В растительном покрове на склонах крутых балок встречаются ядовитые и сорные растения: окопник, чернокорень, молочай острый, липучка ежевидная, бодяк полевой, бодяк обыкновенный, чертополох поникающий, бодяк крупноголовый. На пониженных участках поймы преобладают полевица собачья, щучка дернистая, лапчатка гусиная, череда трёхраздельная, горец шероховатый. На заболоченных участках в растительном покрове преобладает осоково-разнотравная группировка растений: аир, частуха подорожниковая, стрелолист, камыш, рогоз широколистный [Солнцевский..., 2017].

Культурная растительность представлена посевами зерновых, технических и кормовых культур. Посевы сельскохозяйственных культур часто засорены осотом жёлтым, осотом розовым, лебедой, молочаем, щирицей, хвощом полевым, ромашкой непахучей.

Кормовые угодья, расположенные в поймах рек и ручьёв, представлены пойменными лугами и разнотравно-злаковыми ассоциациями.

Глава 3. Материал, условия и методы исследования

3.1. Методы закладки опыта, учета результатов и статистической обработки данных

Опыт по изучению биологической эффективности различных инсектицидов против колорадского жука на картофеле проводился в личном подсобном хозяйстве в деревне Большая Козьмодемьяновка на территории Солнцевского района Курской области.

Картофель на опытном участке выращивается бессеменно более 10 лет. Посадка картофеля проводилась 1 мая. Перед посадкой клубней на опытном участке проводили отвальную вспашку лемешным плугом МТЗ-1221.2 на глубину 23–25 см. Посадка картофеля осуществлялась вручную, традиционным методом «под лопату» способом линейной посадки – лунки располагаются на одной линии и засыпаются почвой из следующего ряда. Картофель закладывался на глубину 15–20 см, что рекомендовано для черноземных почв. Борьба с сорняками проводилась вручную, дважды за сезон вегетации. Окучивание проводили в период развития листьев, на стадии 109 по ВВСН-коду [Growth..., 2001].

Опыт закладывали методом стандартного размещения вариантов [Доспехов, 1985]. Площадь опытного участка 19,2 м². Расстояние между растениями составляло 30 см, а интервал между рядами – 40 см, размер делянок – 2,4 м². Повторность опыта четырехкратная.

В опыте изучались следующие варианты.

1. Контроль – не обрабатывался препаратами;
2. Фитоп 22.78 – содержание инсектицида в рабочем растворе 0,05 %;
3. Fitaktiv Intro – содержание инсектицида в рабочем растворе 0,05 %;
4. Энтолек – содержание инсектицида в рабочем растворе 0,4 %;
5. Клотиамет Дуо – содержание инсектицида в рабочем растворе 0,2 %.

Обработку культуры инсектицидами проводили однократно ручным опрыскивателем «Жук Circle ОП-205м» во второй декаде июня в период мас-

сового появления личинок колорадского жука первого возраста (рис. 7). Обработки проводились с соблюдением требований техники безопасности при работе с пестицидами и ядохимикатами [ГОСТ 12.3.041-86; ГОСТ 12.1.007-76]. Расход рабочего раствора составил 400 л/га.



Рис. 7. Отродившиеся личинки колорадского жука (д. Большая Козьмодемьяновка, Курская область, 2017)

Личинок колорадского жука на делянках учитывали до обработок и через 3, 5, 7, 10, 15, 20 дней после их проведения визуальным осмотром каждого куста картофеля.

Уборка урожая проводилась 21 августа вручную после массового высыхания ботвы и ее скашивания ручной косой. При этом учитывали количество клубней в 1 кусте, диаметр клубней, их массу, а также массу урожая с повторения. Взвешивание проводили на лабораторных электронных весах «Сартогосм» SE 612-С с точностью до 0,1 г. Диаметр клубней определяли при помощи штангенциркуля с точностью до 1 мм.

Хозяйственную эффективность определяли как прибавку урожайности и проводили путем сравнения урожая (в пересчете на 1 га) собранного с обработанного и необработанного участков, с применением формулы:

$$C = A - B, \quad (3.1)$$

где С – хозяйственная эффективность,
 А – урожайность с обработанного участка,
 В – урожайность с контрольного участка [Ганиев, Недорезков 2006].

Определение биологической эффективности инсектицидов проводили с использованием формулы Тилтона-Хендерсона сопоставлением численности личинок до и после обработки с поправкой на изменение численности за этот период в контроле:

$$\text{Эб} = 100 - \frac{\text{ОП} \times \text{КД}}{\text{ОД} \times \text{КП}} \times 100 \%, \quad (3.2)$$

где Эб – смертность или снижение численности вредителя или повреждение растений в процентах;

ОП – количество живых вредителей или количество неповрежденных растений после обработки в опыте,

КД – количество живых вредителей или количество неповрежденных растений до обработки в контроле,

ОД – количество живых вредителей или количество неповрежденных растений до обработки в опыте,

КП – количество живых вредителей или количество неповрежденных растений после обработки опыта в контроле [Минздрав..., 2003].

Для оценки возможного влияния испытываемых препаратов на фитотоксичность почвы осенью с делянок, где применялись инсектициды, и с контрольных были отобраны образцы почвы с глубины 0–10 см [Спиридонов и др., 2009]. Образцы просушили, просеяли через сито 2 мм и размешивали в дистиллированной воде в соотношении 1:1, настаивали их 24 часа, после чего фильтровали. Полученным фильтратом обрабатывали семена редиса и высевали их в чашки Петри на фильтровальную бумагу: по 10 семян в каждую чашку. Повторность опыта 4-х кратная. Чашки помещали в инкубатор при температуре 25 °С на 3-е суток. После этого в чашках подсчитывали количе-

ство проросших семян и измеряли длину проростков.

Фитотоксичность почвенных вытяжек рассчитывали по формуле:

$$\Phi = \frac{D_k - D_o}{D_k} \times 100 \%, \quad (3.3)$$

где Φ – фитотоксичность в процентах;

D_k – длина проростка в контроле;

D_o – длина проростка в опыте.

Степень токсичности почвы определяли по шкале:

- <20 % – фитотоксичность не проявляется;
- 20–40 % – слабая фитотоксичность;
- 40–60 % – средняя фитотоксичность;
- >60 % – сильная фитотоксичность [Максимова и др., 2003].

Полученные данные учетов численности насекомых, урожайности картофеля и фитотоксичности почвы подвергались статистической обработке с использованием пакета прикладных программ Microsoft Excel 2016, SNEDECOR V4 for Windows [Сорокин, 2012].

3.2. Характеристика сорта картофеля, используемого в опыте

Биологическую эффективность инсектицидов изучали на посадках семенного картофеля районированного для Центрально-Черноземного региона сорта Лакомка. Среднеранний столовый сорт, предназначенный для подсобных и мелких фермерских хозяйств из-за своей неприхотливости в уходе. Сорт российской селекции, оригинатор сорта ВНИИКХ им. А. Г. Лорха.

Период вегетации составляет 65–80 дней. Надземная часть представлена раскидистым растением средней высоты с большими светло-зелеными листьями. Венчик цветка белый среднего размера. Клубни округлые с мелкими глазками, гладкой желтой кожурой и белой мякотью, содержащей 15,2–19,9 % крахмала. В кусте 6–11 клубней массой 76–112 г. Урожайность 170–

334 ц/га. Клубни имеют высокую способность к хранению – 95 %.

Сорт устойчив к раку картофеля, восприимчив к золотистой картофельной цистообразующей нематодe. По данным ВНИИ фитопатологии, восприимчив по ботве и умеренно восприимчив по клубням к возбудителю фитофтороза [ФГБУ «Госсорткомиссия», 2018].

3.3. Характеристика применяемых в опыте инсектицидов

3.3.1. Фитоп 22.78

Биологический препарат Фитоп 22.78 (экспериментальный образец), разработанный НПФ «Исследовательский центр» г. Новосибирск, применялся после длительного хранения (5–7 лет).

Инсектицид содержит в своем составе штаммы энтомопатогенного гриба *Metarhizium anisopliae* (Metch.) Sorokin из семейства Clavicipitaceae титр не менее 1×10^9 КОЕ. Данный вид относится к нормальной микрофлоре почвы и распространен повсеместно. Споры метаризиума, попадая в организм насекомых, начинают прорастать, вызывают у них микоз, а затем гибель. Так же отличительной особенностью энтомопатогенных грибов является их способность проникать в организм насекомого через кутикулу за счет высокой ферментативной активности [Научно-производственная..., 2018].

M. anisopliae безопасен для теплокровных животных и растений, но поражает около 200 видов насекомых, в том числе колорадского жука. Гриб проявляет энтомоцидную активность, вызывая у насекомых токсикоз, сопровождающийся нарушениями различных систем организма. Инсектицид относится к 4 классу опасности для человека и 3 классу опасности для пчел [Министерство..., 2017].

Абиотические факторы среды, в особенности температура воздуха и влажность, влияют на инфицирование насекомых энтомопатогенными грибами и развитие микоза. Оптимальные условия для развития патогена и насекомого могут не совпадать, и насекомые могут проявлять большую или

меньшую устойчивость к инфекции [Ярославцева, 2012].

3.3.2. Энтолек

Биотехнологический инсектоакарицид контактного действия на основе авермектинов групп В1 и В2, продуцируемых почвенными грибами *Streptomyces avermitilis* ex Burg et al. Авермектины этих групп, попадая в организм насекомых кишечным или контактным путем, оказывают необратимое воздействие на нервную систему, блокируя гамма-аминомасляную кислоту, которая является медиатором в передаче нервных импульсов. Эти вещества не накапливаются в растениях, плодах, почве, так как разлагаются в аэробных условиях в течение суток, а особый механизм действия предотвращает развитие резистентности у насекомых [ООО Торговый..., 2018]. Инсектицид относится к 3 классу опасности [Министерство..., 2017].

Препарат выпущен под торговым названием «Энтолек» компанией ТД «БиоПрепарат». Производитель заявляет, что массовая гибель вредителя наступает на 2–3 сутки, а максимальный эффект достигается на 5–7 сутки после обработки, защитный эффект сохраняется до 10–20 суток [ООО Торговый..., 2018].

3.3.3. Fitaktiv Intro

Комплексный препарат системного действия, обладающий инсектицидной и фунгицидной активностью. Содержит инсектицид – имидаклоприд 140 г/л, фунгицид – карбендазим 120 г/л и синергист – фуллерен 0,2 г/л. Благодаря использованию фуллеренов, снижена концентрация действующего вещества, что обеспечивает снижение пестицидной нагрузки. Молекулы фуллерена, обладающие высоким сродством к биохимическим структурам, координируют вокруг себя не менее 10 активных радикалов пестицидов и обеспечивают их быстрое перемещение к рецепторам. Препарат разработан ООО НПО «Биотехнологии и наноматериалы» [ООО Научно-

производственное..., 2018].

Имидаклоприд – нейротропный яд, попадая в организм насекомого кишечным или контактным путем связывается с постсинаптическими никотиновыми ацетилхолиновыми рецепторами центральной нервной системы, вызывает гиперполяризацию постсинаптической мембраны, в результате чего у насекомых развиваются параличи и конвульсии, приводящие их к гибели. Имидаклоприд по сосудистой системе растений проникает преимущественно в листья и не накапливается в плодах [Токсикологическая..., 2015].

Эффект воздействия наблюдается через 3–5 дней после обработки. Действующее вещество проявляет высокую остаточную активность, сохраняющуюся 14–28 дней [ООО Научно-производственное..., 2018].

Инсектицид относится к 3 классу опасности [Министерство..., 2017].

3.3.4. Клотиамет Дуо

Комбинированный химический инсектицид кишечного и контактного действия, содержащий клотианидин в концентрации 140 г/л и лямбда-цигалотрин в концентрации 100 г/л – вещества, относящиеся к классам неоникотиноиды и пиретроиды. Производитель – Агροхим XXI и Союзагροхим [Величко, Игнатъев, 2015].

Неоникотиноиды очень токсичны для насекомых и мало- и среднетоксичны для млекопитающих, так как они плохо связывается с постсинаптическими никотиновыми ацетилхолиновыми рецепторами млекопитающих и хорошо связывается с соответствующими рецепторами насекомых [Сравнительная..., 2004].

Клотианидин пролонгирует открытие натриевых каналов центральной нервной системы насекомого. В результате чего блокируется передача нервного импульса и гибель насекомого наступает от нервного перевозбуждения [Основы..., 2003].

Неоникотиноиды в растениях практически не поступают в плоды, а

накапливаются преимущественно в листьях [Еремина, Лопатина, 2005].

Пиретроиды, обладая высокой липофильностью, хорошо удерживаются на поверхности листьев, ограниченно проникая в них оказывают глубинное инсектицидное действие. Они не токсичны для растений, плохо передвигаются в почве и разлагаются с участием микроорганизмов. Продукты полураспада не токсичны и разлагаются до углекислоты. Период полураспада в почве от 1 до 12 недель, на поверхности растений – 7–9 дней.

Лямбда-цигалотрин действует на натрий-калиевые каналы и обмен кальция в синапсах, приводит к излишнему выделению ацетилхолина. Поражаются двигательные центры и наступает перевозбуждение. При длительном применении у насекомых возникает резистентность к лямбда-цигалотрину, поэтому его применяют в комплексе с другими веществами, подавляющими ферменты детоксикации насекомых [Зинченко, 2005].

Инсектицид относится к 3 классу опасности для человека и 1 классу опасности для пчел [Министерство..., 2017].

3.4. Метеорологические условия региона исследования

Погода в вегетационный период характеризовалась в целом как прохладная и влажная (табл. 1), с количеством осадков 438 мм при среднемноголетней норме 345 мм и температурами воздуха в большинстве месяцев на 0,3–2,7 ниже среднемноголетних.

Дефицит осадков наблюдался в конце вегетационного периода – в августе и сентябре и составлял соответственно (–53,3) % и (–45,4) %. Наибольшее количество осадков выпало в мае +115 % и июле +88,9 % от средней многолетней нормы.

В мае осадки сопровождалась пониженными средними температурами воздуха, на 2,7 °С ниже климатической нормы. Как относительно прохладный характеризовался июнь, со среднесуточными температурами воздуха на 1,6 °С ниже нормы. Как относительно жаркая, со среднесуточными темпера-

турами воздуха на 1,7 °С выше многолетней нормы характеризовалась погода в августе.

Таблица 1

Метеоусловия в вегетационный период в районе исследования в 2017 году
[Архив..., 2017; Климат..., 2017]

Месяц	Декады	Среднесуточная температура воздуха, °С			Сумма осадков, мм		
		Средняя много-летняя	2017 г.	Откло-нение от средней, (+/-)	Средняя много-летняя	2017 г.	Откло-нение от средней, (+/-) %
Апрель	1		7,5			6,1	
	2		5,4			34,5	
	3		8,7			3,4	
	S	7,5	7,2	-0,3	41,0	44,0	+7,3
Май	1		12,8			14,1	
	2		8,2			39,5	
	3		14,8			49,9	
	S	14,6	11,9	-2,7	48,0	103,5	+115,6
Июнь	1		14,5			30,2	
	2		16,0			11,6	
	3		18,5			52,3	
	S	17,9	16,3	-1,6	70,0	94,1	+34,4
Июль	1		16,9			28,8	
	2		17,8			56,1	
	3		21,4			54,9	
	S	19,2	18,7	-0,5	74,0	139,8	+88,9
Август	1		21,4			3,9	
	2		22,5			11,2	
	3		16,2			12,0	
	S	18,3	20,0	+1,7	58,0	27,1	-53,3
Сентябрь	1		15,4			27,0	
	2		17,1			2,5	
	3		9,6			0	
	S	13,1	14,0	+0,9	54,0	29,5	-45,4

В целом погодные условия в 2017 году были благоприятны как для формирования урожая картофеля, так и для развития колорадского жука.

Глава 4. Полученные результаты и их обсуждение

4.1. Биологическая эффективность инсектицидов и динамика численности колорадского жука на опытном участке

Колорадский жук на опытном участке неравномерно заселял растения картофеля. Численность личинок перед обработками составляла от 6 до 54 экземпляров на куст, заселенность растений 81,5 % при экономическом пороге вредоносности 10 личинок на 1 растение и 10 % заселенности [Министерство..., 2016]. Обработки растений картофеля испытываемыми инсектицидными препаратами привели к снижению численности личинок уже на третий день после их проведения (рис. 8).

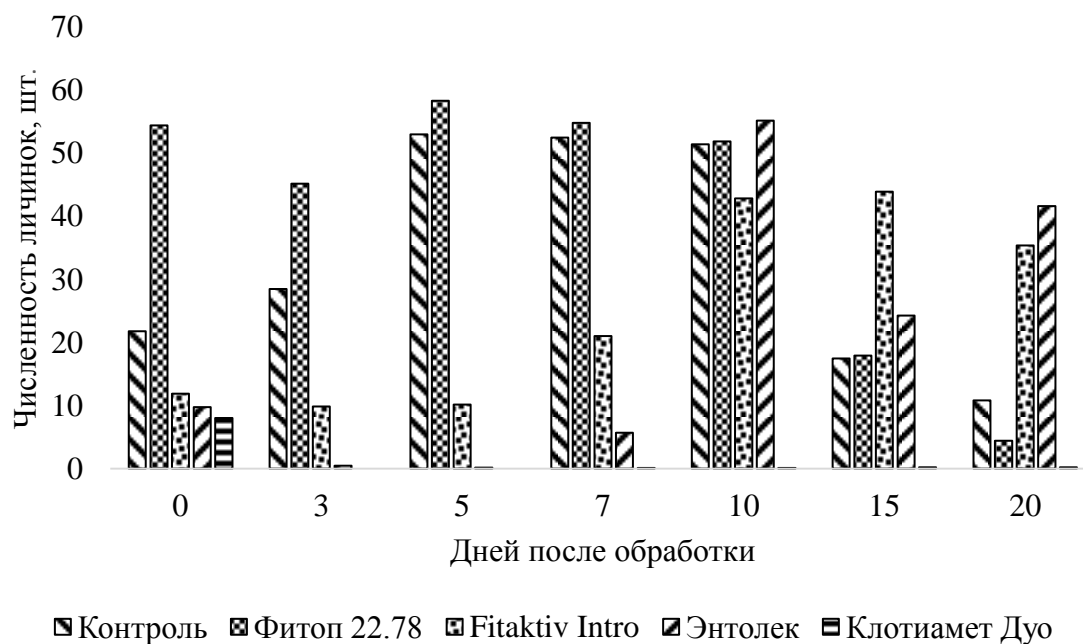


Рис. 8. Динамика численности личинок колорадского жука на участке, обработанном препаратами, (2017)

При этом наиболее существенное снижение численности личинок отмечалось на вариантах с препаратами Энтолек и Клотиамет Дуо, достигнув на 3–5 день отсутствия колорадского жука (см. рис. 8; рис. 9).



А

Б

Рис. 9. Заселенность растений картофеля колорадским жуком через 3 дня после обработки препаратами: А – Энтолек, Б – Клотиапет Дуо; (д. Большая Козьмодемьяновка, Курская область, 2017)

Биологическая эффективность при применении этих препаратов против личинок на третий день составляла 98,2 % и 100 % соответственно (табл. 2).

Таблица 2

Биологическая эффективность инсектицидов против личинок колорадского жука, %, (2017)

Вариант	Дней после обработки					
	3	5	7	10	15	20
Фитоп 22.78	10,5	33,7	30,3	23,9	2,6	25,2
Fitaktiv Intro	75,2	83,4	71,4	52,9	13,0	0
Энтолек	98,2	99,6	88,4	0	0	0
Клотиапет Дуо	100,0	100,0	99,0	98,5	95,9	97,4

Менее эффективно было применение биологического препарата Фитоп 22.78 и препарата на основе имидаклоприда в комплексе с фуллеренами – Fitaktiv Intro (рис. 10).



А

Б

Рис. 10. Заселенность растений картофеля колорадским жуком через 3 дня после обработки препаратами: А – Фитоп 22.78, Б – Fitaktiv Intro; (д. Большая Козьмодемьяновка, Курская область, 2017)

Биологическая эффективность препарата Фитоп 22.78 не превышала 34,0 %, а Fitaktiva Intro составила 75,2 %, максимальных значений она достигла на пятые сутки. В последующие дни эффективность препарата Fitaktiv Intro заметно снижалась. Биотехнологический препарат Энтолек сохранял защитное действие только в первые 7 дней после обработки, а химический инсектицид Клотиабет Дуо на протяжении всего времени учета (см. табл. 2). В дальнейшем на большинстве вариантов наблюдалось восстановление численности личинок за счет миграции жуков с необработанных участков (рис. 11).



Рис. 11. Заселенность картофеля колорадским жуком через 15 дней в контроле – А и после обработки препаратами: Б – Фитоп 22.78, В – Fitaktiv Intro, Г – Энтолек, Д – Клотиамет Дуо; (д. Большая Козьмодемьяновка, Курская область, 2017)

Так через 15 дней после обработки на вариантах с биологическим и биотехнологическим препаратами численность личинок достигла таких же

значений, как в контроле, а на варианте с Fitaktiv Intro – превысила значения в контроле. На участке, обработанном химическим препаратом Клотиамет Дуо, численность личинок после внесения инсектицида не превышала 1 особи на куст до конца учетов (см. рис. 8).

4.2. Оценка хозяйственной эффективности инсектицидов

Учеты урожая показали, что обработки инсектицидными препаратами по-разному сказались на урожайности картофеля. Так применение химического инсектицида Клотиамет Дуо статистически достоверно увеличивало размеры клубней, их вес и вес клубней с одного куста, соответственно в 1,2, 2,1 и 2,0 раза по отношению к контролю (табл. 3). Опрыскивание картофеля Энтолеком оказывало статистически значимое положительное влияние только на массу 1 клубня и урожай клубней с 1 куста. Разница этих показателей структуры урожая картофеля на варианте с Энтолеком и контролем составила 1,5 и 1,6 раза. Биологический препарат Фитоп 22.78 и препарат на основе фуллеренов Fitaktiv Intro не оказали статистически достоверного положительного влияния на размеры и массу клубней.

Таблица 3

Структура урожая картофеля в опыте с инсектицидными препаратами, (2017)

Вариант опыта	Количество клубней на 1 куст	Диаметр клубня, мм	Масса 1 клубня, г	Масса клубней в 1 кусте, кг
Контроль	10±1	30,6±1,7	24,6±3,8	0,272±0,064
Фитоп 22.78	12±1	28,6±1,4	17,1±2,1	0,202±0,030
Fitaktiv Intro	13±2	29,4±1,5	26,7±2,7	0,346±0,060
Энтолек	11±1	36,5±2,2	43,1±5,0	0,431±0,046
Клотиамет Дуо	10±1	39,5±1,9	55,1±6,0	0,538±0,065
НСР ₀₅	3,5	5,0	11,9	0,141

Оценка хозяйственной эффективности инсектицидов установила, что наибольшую прибавку картофеля в опыте (127,0 ц/га или 98,1 %) показал

препарат Клотиамет Дуо (рис. 12). Применение Энтолека увеличило урожайность картофеля на 75,7 ц/га или на 58,5 %. Применение же Fitaktiv Intro повысило урожайность на 35,2 ц/га или на 27,2 %. Обработка картофеля биологическим препаратом Фитоп 22.78 на урожайности в опыте положительно не сказалась. Напротив, на варианте с этим препаратом она была ниже, чем в контроле на 33,1 ц/га или 25,6 %.

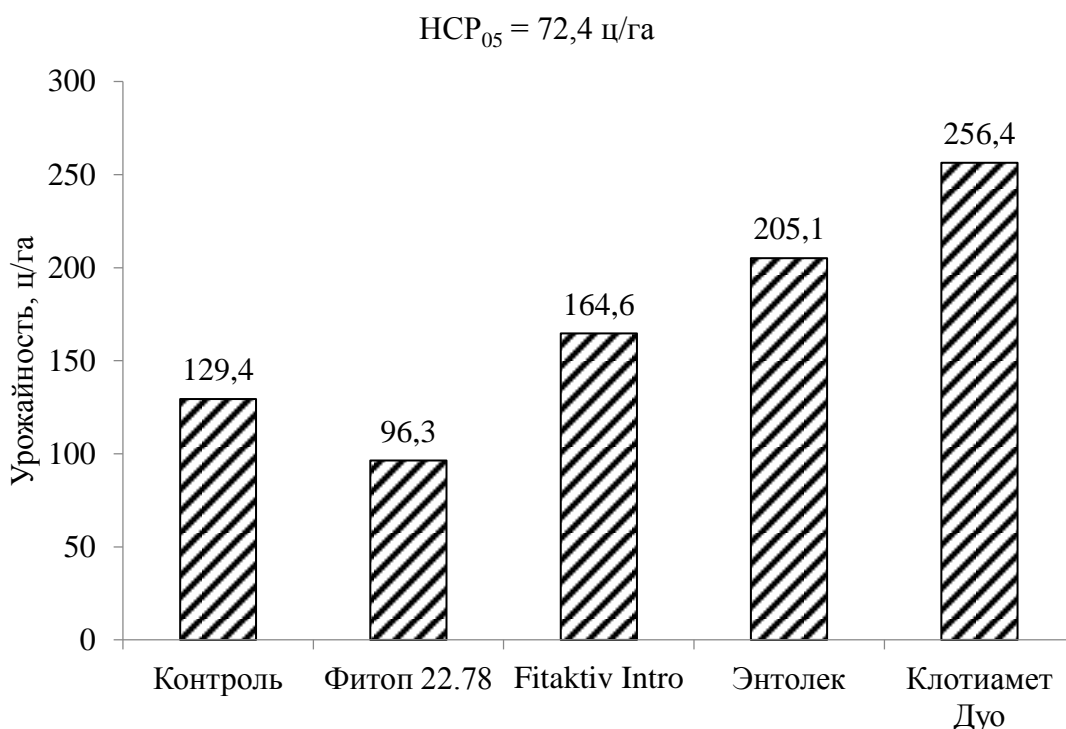


Рис. 12. Влияние обработок картофеля инсектицидами против личинок колорадского жука на урожайность картофеля, (2017)

Однако, разница в урожайности на вариантах с Fitaktiv Intro и Фитоп 22.78 по отношению к контролю была статистически недостоверной. Это объясняется тем, что после прекращения токсического действия препаратов колорадский жук переселялся с соседних необработанных участков растения картофеля.

4.3. Результаты изучения фитотоксичности почвы

Для оценки токсического действия инсектицидов на растения был про-

веден анализ влияния почвенных вытяжек с вариантов, где применялись препараты, на развитие редиса (*Raphanus sativus* L.) раннеспелого сорта Жара, допущенного к выращиванию во всех регионах РФ (табл. 4). Оригинаторы сорта – Ассоциация по семеноводству овощных культур «Сортсеменовощ», ООО «Агрофирма АЭЛИТА», ООО «Интерсемя», Насруллаев Ниязи Мехмеддин, ООО «Ависта» [ФГБУ «Госсорткомиссия», 2018].

Всхожесть семян на всех вариантах была 100 %.

Таблица 4

Влияние обработок инсектицидными препаратами на фитотоксичность почвы, (2017)

Вариант	Средняя длина, мм	Фитотоксичность, %
Фитоп 22.78	88,4±10,6	18,8
Fitaktiv Intro	65,7±10,1	39,7
Энтолек	126,7±15,1	-16,3
Клотиамет Дуо	151,4±16,7	-39,0
Контроль	108,9±16,9	–
НСР ₀₅	40,4	–

На варианте с препаратом Клотиамет Дуо (рис. 13) отмечено стимулирующее влияние почвенной вытяжки на развитие редиса. Длина проростков превысила значения в контроле на 39 %.

Почва после воздействия препарата Fitaktiv Intro имеет слабую фитотоксичность (39,7 %).

О. Ю. Ереминой и Ю. В. Лопатиной [2005] установлено, что имидаклоприд (действующее вещество инсектицида Fitaktiv Intro) по сосудистой системе проникает преимущественно в листья, практически не поступает в плоды и не проявляет фитотоксических свойств. По данным С. Я. Попова [2003] имидаклоприд имеет высокую стойкость в почве, период полураспада до 100 дней.

Исходя из этого возможно подавление полезной микрофлоры почвы остаточными количествами препарата. Что и оказало фитотоксический эффект.

Так же весьма противоречивы данные о влиянии фуллеренов, входящих в состав инсектицида Fitaktiv Intro, на скорость роста и прорастания растений [Husen, Siddiqi, 2014; Nanobiotechnology..., 2013].

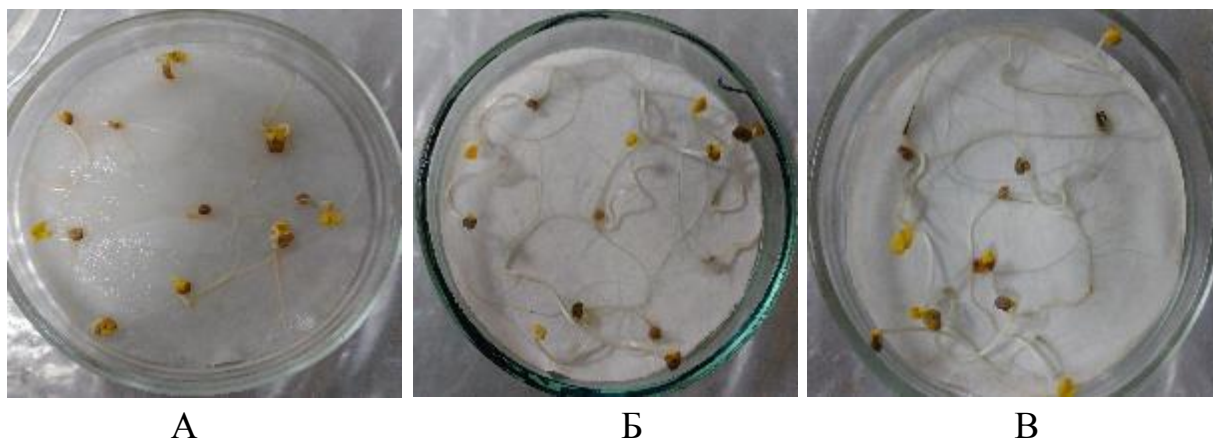


Рис. 13. Влияние почвенных вытяжек на прорастание семян редиса сорта Жара: А – контроль, Б – Клотиамет Дуо, В – Fitaktiv Intro

Экспериментальный образец вытяжки с Фитоп 22,78 на развитие редиса существенно не влиял. Фитотоксичность почвы данного варианта находится в пределах нормы. Для варианта с препаратом Энтолек отмечено не достоверное стимулирующее действие, которое требует дальнейшего изучения.

Выводы

Таким образом, результаты нашего исследования показали, следующее.

1. Опрыскивание картофеля Фитопом 22.78, Fitaktiv Intro, Энтолеком и Клотиамет Дуо приводило к максимальному снижению численности личинок колорадского жука через 3–5 дней после проведения обработок. При этом на вариантах с Фитопом 22.78, Fitaktiv Intro и Энтолеком численность личинок восстанавливалась до уровня контроля уже через 10–15 дней после обработок за счет миграции жуков с необработанных участков. На варианте же с инсектицидом Клотиамет Дуо высокая биологическая эффективность препарата сохранялась и на 20 день после его применения.

2. Наибольшую биологическую эффективность (88,4–100 %) против личинок колорадского жука показали препараты Энтолек и Клотиамет Дуо. Однако Энтолек сохранял защитное действие только на протяжении 7 дней. Менее эффективным было применение Fitaktiv Intro и Фитопа 22.78. Биологическая эффективность последнего не превышала 34 %.

3. Статистически достоверную прибавку в урожайности обеспечивало применение препаратов Энтолек и Клотиамет Дуо. Оба инсектицида оказывали положительное влияние как на размер клубней, их массу, так и на урожайность клубней с 1 куста. При этом Клотиамет Дуо повышал урожайность на 98,1 %, а Энтолек – на 58,5 %. Применение Fitaktiv Intro и Фитоп 22.78 не имело хозяйственной эффективности на картофеле сорта Лакомка.

4. Слабая фитотоксичность почвы (<40 %) была отмечена на варианте, обработанном препаратом Fitaktiv Intro, применение Клотиамета Дуо наоборот стимулировало рост растений. Фитоп 22.78 не проявлял фитотоксических свойств.

Список использованной литературы

1. Архив погоды // ЕвроМетео. URL: <http://www.eurometeo.ru/> (дата обращения 24.12.2017).
2. Бирман А. Л. Вредоносность колорадского жука (*Leptinotarsa decemlineata* Say) и экологическая эффективность химических мероприятий по защите картофеля от него в Черновицкой обл. УССР: Автореф. дисс. ... канд. сельхоз. наук. Луганск, 1969. 20 с.
3. Богданое-Катъков Н. Н. Колорадский картофельный жук (*Leptinotarsa decemlineata* Say) и его карантинное значение. Ленинград: Сельхозгиз, 1947. 198 с.
4. Величко С. Н., Игнатъев П. С. Клотиамет Дуо // Инсектициды и акарициды сельскохозяйственные. 2015. URL: http://www.pesticide.ru/pesticide/klotiamet_dyо (дата обращения 15.02.2018).
5. Влияние климатических факторов на формирование ареала колорадского жука (*Leptinotarsa decemlineata* Say) / В. В. Ясюкевич, Е. Н. Попова, Е. С. Гельвер, Л. Е. Ривкин // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. СПб.: Гидрометеиздат, 2007. Том 21. С. 348–379.
6. Ганиев М. М., Недорезков В. Д. Химические средства защиты растений. М.: КолосС, 2006. 248 с.
7. Глѐз В. М., Черкашин В. И. Колорадский жук. // Приложение к журналу «Защита и карантин растений». 2002. № 5. 24 с.
8. ГОСТ 12.3.041-86. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Применение пестицидов для защиты растений. Требования безопасности. Дата введения 01.01.1987.
9. ГОСТ 12.1.007-76. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности (с Изменениями N 1, 2). Дата введения 01.01.1977.
10. Гусев Г. В., Коваль А. Г. Биологический метод борьбы с колорадским жуком. М.: Агропромиздат, 1990. 63 с.

11. Гусев Г. В. Энтомофаги колорадского жука. М.: Агропромиздат, 1991. 174 с.
12. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд. доп. и перераб. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
13. Еремина О. Ю., Лопатина Ю. В. Перспективы применения неоникотиноидов в сельском хозяйстве России и сопредельных стран // Агрохимия. 2005. №6. С. 87–93.
14. Захваткин Ю. А. Эмбриональное развитие колорадского жука и изменение скорости формообразовательных процессов в зависимости от температуры // Экология и физиология диапаузы колорадского жука. М.: Наука, 1966. с. 222–233.
15. Зинченко В. А. Химическая защита растений: средства, технология и экологическая безопасность. М.: Колос С, 2005. 232 с.
16. Калинина К. В., Николаева З. В. К вопросу изучения колорадского жука в Псковской области // Актуальные проблемы земледелия на современном этапе развития сельского хозяйства. Пенза, 2004. С. 173–174.
17. Кандыбин Н. В. Микробные препараты для борьбы с вредителями сельскохозяйственных растений / Биопрепараты в сельском хозяйстве. (Методология и практика применения микроорганизмов в растениеводстве и кормопроизводстве). М.: РАСХН, 2005. С. 72–115.
18. Коваленко Т. К., Новоселов А. К. Эффективность предпосадочной обработки клубней картофеля инсектицидами в Приморском крае // Дальневосточный аграрный вестник. 2016. №4 (40). С. 45–51.
19. Малюга А. А., Омельченко Н. А., Похлебин Ю. Н. Колорадский жук: по пути на восток // Защита и карантин растений. 2011. №8. С. 20–23.
20. Климат: Солнцево // Климатические данные городов по всему миру. URL: <https://ru.climate-data.org/> (дата обращения 24.12.2017).
21. Колорадский жук: распространение, экологическая пластичность, вредоносность, методы контроля / В. А. Павлюшин, Г. И. Сухорученко,

С. Р. Фасулати, Н. А. Вилкова // Приложение к журналу «Защита и карантин растений». 2009. № 3. 32 С.

22. Колорадский картофельный жук, *Leptinotarsa decemlineata* Say / под ред. Р. С. Ушатинской. М.: Наука, 1981. 377 с.

23. Королев Б. Н. Курский край: история и современность. Курск: Курский ПКПП, 2012. 551 с.

24. Краткая информация о Солнцевском районе Курской области // Комитет по экономике и развитию Курской области. URL: <http://kurskoblinvest.kurskoblinvest.lclients.ru/index.php/solntsevskij-rajon> (дата обращения 19.10.2017).

25. Кузнецова Д. Сравнительный анализ урожайности картофеля в России и в мире. 2018. URL: <https://kartofan.org/skolko-sobirayut-kartoshki-v-rossii-i-mire.html> (дата обращения 25.04.2018).

26. Курбатова А. Н. Техногенная трансформация компонентов ландшафтов малых городов Центрального черноземья (на примере г. Льгова курской области): Дисс. ... кан. геогр. наук. М., 2017. 174 с.

27. Курская область // Аграрная интернет-энциклопедия URL: <http://www.agrien.ru/reg/курская.html> (дата обращения 11.10.2017).

28. Лебедев В. А. Государственная служба по карантину растений // Защита растений. 1980. № 5. С. 40–42.

29. Максимова Н. Б., Морковкин Г. Г., Лаврентьева А. Оценка токсичности и загрязненности почв методом фитоиндикации // Вестник АГАУ. 2003. №2. С. 106–112.

30. Мацишина Н. В. Особенности биологии и экологии колорадского жука *Leptinotarsa decemlineata* (Say, 1824) (Coleoptera) в Приморском крае: Автореф. дисс. ... кан. биол. наук. Владивосток, 2012. 19 с.

31. Минздрав России. Методы определения эффективности инсектицидов, акарицидов, регуляторов развития и репеллентов, используемых в медицинской дезинсекции. Методические указания. М., 2003. 64 с.

32. Министерство сельского хозяйства Российской Федерации. Госу-

дарственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации. М., 2017. Ч. 1. 938 с.

33. Министерство сельского хозяйства Российской Федерации. Итоги работы отрасли растениеводства в 2017 году и задачи на 2018 год. Итоговый отчет. М., 2018. 78 с.

34. Министерство сельского хозяйства Российской Федерации. Экономические пороги вредоносности вредителей, болезней и сорных растений в посевах сельскохозяйственных культур. Справочник. М., 2016. 76 с.

35. Научно-производственная фирма «Исследовательский центр». URL: <https://vetom.ru> (дата обращения 05.02.2018).

36. ООО Научно-производственное объединение «Биотехнологии и наноматериалы». URL: <http://fitaktivagro.ru/intro> (дата обращения 10.02.2018).

37. ООО Торговый Дом «Биопрепарат». URL: <http://mas-tech.info/offers/> (дата обращения 07.02.2018).

38. Основы химической защиты растений / под ред. С. Я Попова. М.: Арт-Лион, 2003. 208 с.

39. Попова Е. Н., Попов И. О. Климатические факторы, определяющие границы ареалов вредителей и возбудителей болезней сельскохозяйственных растений, и расчетные методы оценки изменения ареалов при изменении климата // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. 2013. Т. 25. С. 177–206.

40. Принципы интегрированного подхода к решению проблем защиты растений / М. М. Левитин [и др.] // Вестник защиты растений. СПб. 1999. №1. С. 44–50.

41. Рославцева С. А. Резистентность к инсектицидам популяций колорадского жука // Агрохимия. 2009. № 1. С. 87–92.

42. Солнцевский район // Заповедная Россия. URL: <http://www.zaroved.net/index.php/News/Регионы/> (дата обращения 22.10.2017).

43. Сорокин О. Д. Прикладная статистика на компьютере. 2-е изд. Новосибирск, 2012. 282 с.

44. Спиридонов Ю. Я., Ларина Г. Е., Шестаков В. Г. Методическое руководство по изучению гербицидов, применяемых в растениеводстве. М.: Печатный Город, 2009. 252 с.

45. Сравнительная оценка эффективности различных инсектицидов в экспериментах по защите сортов картофеля от колорадского жука / И. С. Марданшин, Г. В. Беньковская, Е. В. Сурина, К. А. Китаев, М. Б. Удалов // Агрехимия. 2012. № 9. С. 58–63.

46. Сравнительная токсикологическая характеристика новых неоникотиноидных инсектицидов / Л. В. Ермолова, Н. Г. Проданчук, П. Г. Жминько, И. В. Лепешкин. 2004. URL: http://www.medved.kiev.ua/arhiv_mg/st.html (дата обращения 15.02.2018).

47. Тип превращения колорадского жука: особенности развития // Рутвет. URL: <https://www.rutvet.ru/tip-prevrashcheniya-koloradskogo-zhuka-osobennosti-razvitiya-9815.html> (дата обращения 15.11.2017).

48. Токсикологическая характеристика неоникотиноидов / Т. В. Бойко, Л. К. Герунова, В. И. Герунов, М. Н. Гонохова // Вестник ОмГАУ. 2015. №4 (20). С. 49–54.

49. Усов С. В., Фирсов В. Ф. Биологизация защиты картофеля от колорадского жука // Защита и карантин растений. 2007. № 6. С. 26.

50. Фасулати С. Р., Саулич М. И. Ареал и зоны вредоносности колорадского жука (*Leptinotarsa decemlineata* Say) // Агрэкологический атлас России и сопредельных стран: экономически значимые растения, их болезни, вредители и сорные растения. 2004. URL: <http://www.agroatlas.ru> (дата обращения 06.11.2017).

51. ФГБУ «Госсорткомиссия». URL: <http://reestr.gossort.com/reestr/sort/> (дата обращения 20.03.2018).

52. Хижняк Н. А., Пашкаръ С. И., Яковлева Н. И. Регенеративная способность картофеля // Защита растений от вредителей и болезней. 1960. № 7. С. 47–48.

53. Ярославцева О. Н. Иммунная и детоксицирующая системы насеко-

мых при развитии различных типов микозов: Автореф. дисс. ... кан. биол. наук. Новосибирск, 2012. 23 с.

54. Alfaro A. Un ciclo desarrollo en el escarabajo de la patata // Bol. patol. veget, y entomol. agr. 1943. № 12. Pp. 9–30.

55. Balachovsky A., Mesnil G. Les insectes nuisibles aux plantes cultivees. Paris, 1936. Vol. 2. 194 p.

56. Chittenden F. H. The Colorado potato beetle (*Leptinotarsa decemlineata* Say). Circular 87. United States: Department of Agriculture, Bureau of Entomology. 1907. Pp. 1–15.

57. Chlodny J., Gromadzka J., Trojan O. Energetic budget of development of the Colorado beetle, *Leptinotarsa decemlineata* Say // Bulletin de l'Academie Polonaise des Sciences (II). Poland. 1967. Vol.15. № 12. Pp. 743–747.

58. Feytaud J. Le Doryphore a la conquete de l'Europe // Proc. VIII Intern. Congr. Entomol. Stockholm. 1950. Pp. 643–646.

59. Growth stages of mono-and dicotyledonous plants: BBCH Monograph / edited by Uwe Meier. Federal Biological Research Centre for Agriculture and Forestry, 2001. 158 p.

60. Husen A., Siddiqi K. S. Carbon and fullerene nanomaterials in plant system // Journal of Nanobiotechnology. 2014. Vol. 12. P. 16.

61. Jermy T., Saringer G. A burgonyabogar (*Leptinotarsa decemlineata* Say). Budapest: Mezogazd Kiado, 1955. 188 p.

62. Kowalska T. Fecundity of the Colorado beetle (*Leptinotarsa decemlineata* Say) in relation to ecological factors // Ekologia polska. Warszawa. 1969. Vol. 17. № 10. Pp. 167–184.

63. Nanobiotechnology can boost crop production and quality: first evidence from increased plant biomass, fruit yield and phytomedicine content in bitter melon (*Momordica charantia*) / C. Kole [et al.] // BMC Biotechnol. 2013. Vol. 13. P. 37.

64. Trouvelot B. Le doryphore de pomme de terre en Amerique du Nord // Ann. epiphyt. N. S. 1936. Vol. 1. Pp. 277–336.