

УДК 632.95.028

БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ЦЕОЛИТСОДЕРЖАЩЕГО ТРЕПЕЛА В ОТНОШЕНИИ РЯДА ВРЕДИТЕЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Г.И. Сухорученко¹, Т.И. Васильева¹, Г.П. Иванова¹, В.М. Ходырев², С.А. Волгарев¹

¹ Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург

² ООО «ЦеоТрейдРесурс», Москва

Впервые в лабораторных условиях изучена токсичность цеолитсодержащего трепела (кремнистой осадочной горной породы) Хотынецкого месторождения (Орловская область) для обыкновенной картофельной тли, колорадского жука и обыкновенного паутинного клеща. При разных способах обработки тест-объектов трепелом (опыливание или окунание заселенных ими листьев кормовых растений в суспензию и супернатант, или подсадка на обработанные листья) не было обнаружено у него овицидных свойств. Однако было выявлено наличие ларвицидной и умеренной имагоцидной активности в отношении сосущих вредителей. В зависимости от способа обработки полученные показатели смертности обыкновенной картофельной тли (резистентной и чувствительной к инсектицидам популяций) и обыкновенного паутинного клеща колебалась в пределах 70.4–83.0% и 46.6–80.4% соответственно. При оценке действия трепела на колорадского жука выявлена, убывающая с возрастом ларвицидная активность – наиболее высокая (60–100%) в отношении личинок младших возрастов вредителя и ее отсутствие – для личинок старших возрастов и имаго. Не установлено наличия у трепела фитотоксических свойств. Учитывая полученные результаты, следует продолжить изучение токсического действия этого уникального природного вещества на вредителей в полевых условиях. Для получения высокого токсического эффекта нормы применения трепела и кратность обработок им растений могут быть увеличены в 2–3 раза.

Ключевые слова: цеолитсодержащий трепел, обыкновенная картофельная тля, обыкновенный паутинный клещ, колорадский жук, разные фазы развития, контактная токсичность, фитотоксичность.

В последние десятилетия в мировой практике защиты растений большую значимость приобрела проблема замены пестицидов органического синтеза веществами природного происхождения с наличием пестицидной активности, но не представляющих опасности для человека и объектов окружающей среды. В этой связи внимание многих исследователей привлекают кремнистые осадочные горные породы, сложенные ископаемыми останками простейших морских или пресноводных организмов (микроскопические водоросли диатомеи и силикофлагелляты, низшие животные фораминиферы, радиолярии, губки и др.). Эти организмы содержат в твердых частях своего тела аморфный кремнезем (SiO₂) разной степени гидратации, благодаря которому их отложения обладают инсектицидными свойствами [Ross, 1981; Katz, 1991; Korunic, 1998; Sarwar, Salman, 2015; Galovic et al., 2017]. Наибольшее признание в мире в качестве природного инсектицида получил диатомит, представляющий собой осадочную породу, образованную, в основном, останками диатомовых водорослей и состоящую на 80–90% из аморфного кремния [Korunic et al., 2016]. В сельскохозяйственной практике ряда стран мира препараты диатомита хорошо зарекомендовали себя в качестве средств борьбы с разными видами бытовых насекомых, а также вредителей запасов и полевых культур [Athanassiou et al., 2005; Faulde et al., 2006; Akhtar, Isman, 2013; Korunic, 2013; Goddard, 2014; Shah, Khan, 2014; B. Singh, V. Singh, 2015; Galovic et al., 2017 и др.].

Основными преимуществами препаратов диатомита перед синтетическими инсектицидами являются низкая опасность для теплокровных животных и окружающей среды, стойкость в природных условиях и механизм действия, приводящий к гибели членистоногих в результате нарушения целостности их покровов. Этот физиологический механизм («эффект Цахера») заключается в адсорбировании диатомитом липидов из воскового слоя эпикуткулы членистоногих, что приводит к ее превращению в «молекулярное сито», через которое испаряется вода и на-

секомые гибнут от иссушения [Katz, 1991; Mewis, Ulrichs, 1999; Prasantha et al., 2015;]. Этот физиологический механизм действия диатомита позволяет использовать его препараты против резистентных к нейротоксическим инсектицидам популяций вредных членистоногих [Lilly et al., 2016].

Близкой по свойствам к диатомиту кремнистой осадочной горной породой является цеолитсодержащий трепел – алюмосиликатная тонкопористая по структуре порода. Цеолитсодержащий трепел содержит в доступной форме необходимые для растений и животных соединения кремния (45–65% аморфного кремнезема), кальция, магния, калия, фосфора, кобальта, бора и других элементов.

Наличие целого ряда минералов в цеолитсодержащем трепеле определяет его уникальные адсорбционные, ионообменные, тепло- и звукоизоляционные и другие свойства и, соответственно, полифункциональность использования в разных сферах человеческой деятельности (строительство, текстильная, нефтехимическая и пищевая промышленность, медицина, охрана окружающей среды). В сельском хозяйстве цеолитсодержащий трепел применяется в качестве удобрений, субстратов для защищенного грунта, минеральных добавок в корма животных [Аксененко, Хопахов, 1998; Белкин, 2003; Лобода и др., 2007; Абаев и др., 2008; Гришин, Кузина, 2008; Подольников и др., 2011].

В мире наиболее крупные месторождения трепела находятся в Южной Африке, Соединённых Штатах и в России, особенно в верхнемеловых отложениях Русской платформы, в пределах Орловской, Брянской, Воронежской и Курской областей. Среди этих месторождений самым крупным на Русской платформе считается Хотынецкое месторождение Орловской области [<http://agrohimija.ru/ceolity/2391-vostochno-evropeyskaya-ceolitonosnaya-provinciya>].

Благодаря достаточно высокому содержанию аморфного кремния (48.4%) цеолитсодержащий трепел Хотынецкого месторождения, как и близкий ему по свойствам

минерал диатомит, представляет интерес для изучения в качестве средства борьбы с вредными членистоногими, особенно с видами, в популяциях которых развивается резистентность к применяемым пестицидам органического синтеза. Цель настоящего исследования – оценка токсичности цеолитсодержащего трепела Хотынецкого место-

Материалы и методы

Исследования проводили со следующими видами вредных членистоногих, разводимых в лаборатории агроэкотоксикологии ВИЗР в качестве модельных тест-объектов:

– обыкновенная картофельная тля *Aulacorthum solani* Kalt. – сосущий вредитель различных овощных и цветочных культур открытого и защищенного грунта. Особую опасность представляет в качестве переносчика вирусной инфекции на посадках семенного картофеля как в поле, так и в теплицах, выращивающих его микрорастения. В лаборатории разводится на растениях картофеля;

– колорадский жук *Leptinotarsa decemlineata* Say – грызущий вредитель картофеля и других пасленовых культур; в лаборатории разводится на растениях картофеля;

– обыкновенный паутинный клещ *Tetranychus urticae* Koch. – сосущий вредитель овощных, цветочных и декоративных культур открытого и защищенного грунта; разводится в лаборатории на фасоли штамбовых сортов.

Подопытных насекомых и обыкновенного паутинного клеща содержали при оптимальных для их развития условиях в садках с регулируемой длиной светового дня, температурой и влажностью воздуха.

В исследованиях был использован цеолитсодержащий трепел Хотынецкого происхождения производства ОАО «Промцеолит», представляющий собой порошок желтовато-бежеватого цвета, тонкого помола (размер частиц до 100 мкм) и хорошей сыпучести.

Изучение биологической активности трепела проводили согласно стандартным методикам оценки токсичности пестицидов для членистоногих (Мониторинг резистентности..., 2004) при разных способах обработки подопытных членистоногих с целью выбора оптимального способа его нанесения на тест-объект, при котором максимально проявится биологическая активность этого вещества:

– опыливание трепелом личинок и имаго колорадского жука, бескрылых самок и личинок обыкновенной картофельной тли вместе с частями кормовых растений в чашках Петри из расчета 4 мг/см² (40 кг/га). Качественному распределению препарата по

рождения Орловской области для ряда серьезных вредителей культур открытого и защищенного грунта.

Изучение биологической активности трепела в отношении вредителей растений представляет несомненный практический интерес, так как в случае получения положительных результатов станет возможным расширение сферы применения этого минерала в сельском хозяйстве.

поверхности растений и покрытию тест-объектов способствовали его тонкий помол и хорошая сыпучесть;

– опыливание трепелом растений фасоли в фазе 2 настоящих листьев, заселенных яйцами или самками обыкновенного паутинного клеща из расчета 4 мг/см² (40 кг/га) и содержащихся в 50 мл колбочках с водой;

– окунание листьев кормового растения в суспензии препарата разной концентрации, приготовленные с добавлением в воду ОП-10 – 10% от навески препарата, с последующей подсадкой на них тест-объектов или окунание в них частей кормового растения, заселенных тест-объектами;

– окунание листьев кормового растения в супернатант препарата (часовая водная вытяжка из порошка трепела) разной концентрации с последующей подсадкой на них колорадского жука или окунание в него частей кормового растения, заселенных тест-объектами.

Все варианты опытов закладывали в 3–5 повторностях. После обработки членистоногих содержали в термостатированных условиях в садках. Длительность наблюдений за выжившими особями зависела от тест-объекта и прекращалась после наступления высокой гибели в контроле или появления особой следующей генерации. Во всех вариантах опыта обязательно предусматривался контроль – вариант с обработкой водой.

Показателем биологической активности трепела являлось снижение численности подопытных особей относительно исходной. Для определения достоверности различий между вариантами опытов использовали t-критерий Стьюдента, рассчитываемый с помощью программы Excel.

Помимо биологической активности цеолитсодержащего трепела в отношении членистоногих оценивали также его фитотоксические свойства, путем опыливания растений препаратом в норме расхода из расчета 40 кг/га или их опрыскивания суспензиями препарата и супернатантом в концентрациях 0,5, 1,0, 2,0, 5,0 и 10,0% из пульверизатора. Опыты закладывали в 3 повторностях по одному растению фасоли или картофеля в каждой. Обработанные растения содержали в теплице. Наблюдения за состоянием растений проводили на 1, 3, 7 и 14 сутки после обработки.

Результаты и обсуждение

1. Инсектицидная активность трепела. Обыкновенная картофельная тля.

Опыты проводили с чувствительной и резистентной к инсектицидам популяциями вредителя. Чувствительная (S) популяция была собрана на картофеле в семеноводческом ОАО «Октябрьское» Вологовского района Ленинградской области. Резистентная (R) популяция была получена с хризантемы, купленной в магазине по продаже цветов в Пушкинском районе г. Санкт-Петербурга. Популяция обнаружила 105х показатель резистентности к фосфорорганическому препарату актеллику и 20х – к пиретроиду талстару.

Установлено, что показатели токсичности трепела для картофельной тли S-популяции на 3 сутки после обработки находились в диапазоне 66,5–80,3% (табл. 1). Статистический анализ этих данных не выявил существенных различий в значениях смертности тли в зависимости от

способа их обработки или концентрации суспензии препарата: опытные значения t_{st} (0,28–0,68) были значительно ниже табличного его значения (2,77 при 4 степенях свободы и 0,05% уровне значимости). Однако наблюдались существенные колебания смертности картофельной тли R-популяции при разных способах ее обработки трепелом (табл. 1), что подтвердилось статистической обработкой полученных данных. Так, рассчитанные значения t_{st} для вариантов опыта окунание тлей в 0,5 и в 1,0% суспензии препарата в сравнение с их опыливанием, соответственно, равнялось 6,03 и 3,09, что значительно превышало его табличное значение (2,77). При этом не выявлено достоверных различий в действии на тлю трепела при их окунании в суспензии препарата разной концентрации (значение t_{st} равно 0,9 при табличном – 2,77).

Не обнаружено статистически достоверных различий в сравнительной токсичности трепела для картофельной тли

Таблица 1. Токсичность цеолитсодержащего трепела для обыкновенной картофельной тли при разных способах обработки (ВИЗР, 2017 г.)

Вариант опыта	Среднее число имаго и личинок тли на лист по суткам учетов			Снижение численности, % к исходной, по суткам учетов после обработки	
	до обработки	после обработки		1	3
		1	3*		
Резистентная популяция					
Окувание заселенных тлей листьев картофеля в 0.5% суспензию трепела	54.3±4.35	45.3±4.26	42.0±3.21	16.7±2.3	36.5±4.19
Окувание заселенных тлей листьев картофеля в 1.0% суспензию трепела	46.7±2.77	36.3±3.18	31.0±3.06	20.9±1.07	44.8±8.4
Опыливание трепелом заселенных тлей листьев картофеля	39.0±3.47	21.6±3.49	12.6±1.77	44.8±1.62	74.5±4.66
Контроль	21.0±1.73	21.0±1.73	25.7±2.85	–	–
Чувствительная популяция					
Окувание заселенных тлей листьев картофеля в 0.5% суспензию трепела,	48.0±10.8	33.6±8.54	28.3±7.8	46.0±10.5	66.5±5.64
Окувание заселенных тлей листьев картофеля в 1.0% суспензию трепела,	18.6±1.67	10.3±2.9	9.3±3.8	58.2±15.8	70.5±13.2
Опыливание трепелом заселенных тлей листьев картофеля	23.7±2.6	12.0±1.58	8.0±0.6	60.9±1.9	80.3±0.7
Контроль	19.3±0.67	25.0±2.65	33.3±4.2	–	–

* после 3 суток опыт был прекращен из-за 100% гибели тли во всех вариантах, включая контроль.

S и R популяций на 3 сутки после обработки в вариантах с их опыливанием или окуванием заселенных вредителем листьев картофеля в 1% суспензию препарата (рассчитанные значения t_{st} , соответственно, 1.23 и 1.6, что ниже его табличного значения – 2.77).

Полученные данные позволяют предположить, что, как и в случае с диатомитом, механизм действия трепела на картофельную тлю связан с таким неспецифическим физиологическим механизмом как абсорбция, входящим в его состав аморфным кремнием, липидов воскового слоя их эпикутикулы. Это позволяет получать близкий токсический эффект при воздействии трепелом как на резистентную, так и чувствительную популяции вредителя. Можно предположить, что помимо этого неспецифического механизма действия трепела на кутикулу насекомых, имеется еще какой-то механизм, определяющий достоверные различия в его токсичности для тли резистентной популяции

вредителя при разных способах обработки – окувание в суспензию в сравнении с опыливанием. Возможно, таким механизмом может являться большая толщина воскового слоя эпикутикулы у резистентных тлей в сравнении с чувствительными.

Колорадский жук. Токсичность трепела оценивали для разных фаз развития насекомого. Полученные данные свидетельствуют о наличии слабых овицидных свойств у трепела, так как наблюдалась 100% отражаемость личинок жука из яиц после их опыливания и 81.6% – после окувания кладок яиц в 1% суспензию препарата (табл. 2). Однако четко проявляется высокая токсичность трепела для личинок 1 возраста жука, поскольку через 3 суток после отрождения из яиц наблюдалась 100% их гибель в варианте с опыливанием кладок яиц препаратом и 60.3% – в варианте с окуванием кладок яиц в 1% суспензию препарата (табл. 2).

Таблица 2. Токсичность цеолитсодержащего трепела для яиц и личинок 1 возраста колорадского жука при разных способах обработки (ВИЗР, 2017 г.)

Вариант опыта	Среднее число яиц в кладке до обработки	Отродилось из яиц личинок		Смертность личинок через 3 суток после отрождения из яиц	
		всего	% к исходной	всего	% к исходной
Опыливание трепелом листьев картофеля с кладками яиц	20.7±4.33	20.7±4.33	100.0	20.7±4.33	100.0
Окувание листьев картофеля с кладками яиц в 1.0% суспензию трепела	24.0±4.64	20.0±5.08	81.6±1.3	14.3±2.33	60.3±2.38
Контроль	28.3±1.18	28.3±1.18	100.0	0	0

При опыливании трепелом личинок 2 возраста на заселенных ими листьев картофеля наблюдалась 80% смертность подопытных особей, что было значительно выше смертности, полученной в варианте с их посадкой на предварительно опыленный корм (табл. 3). Была также получена статистически достоверная более высокая смертность личинок 2 возраста в варианте с их посадкой на листья картофеля, обработанные 2.0% супернатантом трепела в сравнение с 2.0% его суспензией (рассчитанное значение t_{st} 3.04 больше табличного его значения – 2.77 при 4 степенях свободы и 0.05% уровне значимости). Сравнение полученных данных по показателям смертности личинок 2 возраста жука при разных способах обработки свидетельствует в пользу их опыливания на листьях кормового

растения (табл. 3).

Опыливание подопытных объектов трепелом на листьях кормового растения было достоверно эффективнее их посадки на опыленные листья (фактическое значение t_{st} 5.2 больше табличного значения 2.77). Однако не было получено достоверных различий в смертности личинок между вариантами с их посадкой на опыленные трепелом и погруженные в его суспензию или супернатант листья картофеля.

В исследованиях не было выявлено смертности личинок 4 и 5 возраста, а также имаго колорадского жука от применения трепела, независимо от способа его нанесения на подопытные объекты. Однако наблюдалось резкое снижение поедания жуками обработанного корма в сравнении

Таблица 3. Токсичность цеолитсодержащего трепела для колорадского жука при разных способах обработки личинок 2 возраста (ВИЗР, 2017 г.)

Вариант опыта	Среднее число личинок на лист по суткам учетов					Снижение численности, % к исходной, на 7 сутки после обработки
	до обработки	1	3	5	7	
Опыливание трепелом листьев картофеля с последующей посадкой личинок	10.0	7.3±0.67	5.3±0.88	4.3±0.33	4.0	60.0
Опыливание трепелом заселенных личинками листьев картофеля	10.0	7.3±0.28	2.7±0.67	2.3±0.58	2.0	80.0
Окувание листьев картофеля в 2.0% суспензию трепела с последующей посадкой личинок	10.0	10.0	8.3±0.66	6.7±0.71	4.3±1.2	45.70±3.6
Окувание листьев картофеля в 2.0% супернатант трепела с последующей посадкой личинок	10.0	10.0	3.7±0.58	3.7±0.58	3.3±0.58	65.7±3.44
Контроль	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	0

Таблица 4. Токсичность цеолитсодержащего трепела для колорадского жука при разных способах обработки личинок 3 возраста (ВИЗР, 2017 г.)

Вариант опыта	Среднее число личинок на лист по суткам учетов					Снижение численности, % к исходной, на 7 сутки после обработки
	до обработки	1	3	5	7	
Опыливание трепелом листьев картофеля с последующей посадкой личинок	9.0	9.0	9.0	8.3±0.67	7.0±0.58	22.2±6.42
Опыливание трепелом заселенных личинками листьев картофеля	9.0	9.0	9.0	6.7±0.67	4.0	55.6
Окувание листьев картофеля в 2.0% суспензию трепела с последующей посадкой личинок	9.0	9.0	9.0	9.0	6.7±0.34	25.6±3.72
Окувание листьев картофеля в 2.0% супернатант трепела с последующей посадкой личинок	9.0	9.0	9.0	5.7±0.67	4.0±1.0	55.6±11.1
Контроль	9.0	9.0	9.0	9.0	8.7±0.34	3.7±0.32

с контролем (рисунок), что может быть связано с наличием на листьях картофеля отложений кремния, затрудняющих акт их питания.

Таким образом, результаты исследования действия цеолитсодержащего трепела на колорадского жука свидетельствуют о наличии у него четко выраженных различий в его токсичности для разных фаз развития вредителя. Практи-

чески, он обладает только ларвицидной биологической активностью, ослабевающей с возрастом личинок (высокая токсичность для личинок младших возрастов, средняя – для личинок 3 возраста и отсутствие таковой для личинок старших возрастов). Овицидные и имагоцидные свойства у препарата в отношении колорадского жука, практически, отсутствуют.



Рисунок. Снижение интенсивности питания имаго колорадского жука на обработанных трепелом листьях картофеля, в сравнении с необработанными листьями (контроль)

2. Акарицидная активность трепела. Овицидное действие.

Для оценки действия цеолитсодержащего трепела на яйца обыкновенного паутиного клеща листья фасоли заселяли 10-ю половозрелыми самками, которых через сутки удаляли. Листья с однодневными яйцами обрабатывали

разными способами (табл. 5). Установлено, что трепел не оказывает токсического действия на яйца вредителя, так как в течение первых двух суток после обработки наблюдалась 100% отрождаемость из них личинок клеща, независимо от способа воздействия (табл. 5).

Таблица 5. Токсичность цеолитсодержащего трепела для обыкновенного паутиного клеща при разных способах обработки яиц (ВИЗР, 2017 г.)

Вариант опыта	Среднее число особей на лист по суткам учетов					Снижение численности, % к исходной, на 8 сутки после обработки
	до обработки яиц	после обработки преимагинальных фаз			имаго*	
		1–2	5	6	8	
Опыливание трепелом заселенных яйцами клеща листьев фасоли	19.3±2.5	19.3±2.5	4.5±0.64	4.5±0.64	5.3±1.3	71.5±8.64
Окувание заселенных яйцами клеща листьев фасоли в 0.5% суспензию трепела	21.0±3.6	21.0±3.6	8.0±0.71	9.3±1.1	11.5	45.2±2.06
Окувание заселенных яйцами клеща листьев фасоли в 1.0% суспензию трепела	16.8±3.5	16.8±3.5	5.0±0.41	5.0±0.41	6.8±1.1	63.2±4.29
Окувание заселенных яйцами клеща листьев фасоли в 1.0% супернатант трепела	15.5±2.26	15.5±2.26	0	3.0±0.41	3.0±0.41	80.4±4.0
Контроль	24.3±	24.3±	24.3±	24.3±	24.3±	0

* имаго нового поколения+нимфы

Однако трепел обладает токсичностью для отрождающихся личинок. Достоверно более высокий токсический эффект (80.4% снижение численности клеща) был получен при окувании заселенных яйцами листьев фасоли в 1% супернатант, чем в 1% его суспензию (63.2%), так как полученное значение t_{st} 2.74 превышало величину его табличного значения (2.45 при 6 степенях свободы и 0.05 уровне значимости). Существенные различия в токсичности трепела для личинок были получены с увеличением концентрации его суспензии с 0.05 до 1.0% (полученное значение t_{st} 4.02 при табличном, равном 2.45). Однако не было выявлено существенных различий в смертности отродившихся личинок в вариантах опыта с опыливанием заселенных яйцами клеща листьев фасоли и их окуванием в 1.0% суспензию или 1.0% супернатант трепела.

Последующие наблюдения показали, что появление на 8 сутки имаго нового поколения клеща, образовавшихся из обработанных особей, привело к росту численности вредителя во всех вариантах опыта. В результате этого, через 12 суток после обработки яиц поврежденность листьев фасоли клещом нового поколения, практически, не отличалась между контрольным и обработанным вариантами.

Имагоцидное действие. Действие трепела на имаго обыкновенного паутиного клеща оценивали при разных

способах обработки им листьев фасоли с последующим заселением половозрелыми самками. Был установлено, что трепел обладает средним кратковременным токсическим эффектом в отношении имаго вредителя. Так, на протяжении 5 суток контакта имаго с обработанной поверхностью кормового растения в разных вариантах опыта снижение численности вредителя колебалось в пределах 46.6–53.3%, за исключением варианта с 1.0% супернатантом, в котором она снижалась на 73.3% (табл. 6). На 8 сутки после обработки, когда из отложенных имаго яиц началось массовое отрождение личинок, различия между вариантами опыта нивелировались и токсический эффект трепела в отношении имаго, практически, был сведен на нет.

Необходимо также отметить, что в вариантах с окуванием листьев в 1.0% суспензию или в 1.0% супернатант трепела на их нижней стороне образовывался налет, похожий на грибной мицелий. Это вызывало изменение в поведении клеща – перемещение всех подвижных фаз развития на верхнюю сторону листа и откладку яиц на ней. Несмотря на то, что трепел в испытанных и превышающих их в 2 и 4 раза концентрациях не обнаруживал фитотоксических свойств, обработанные им листья, заселенные обыкновенным паутиным клещом, выглядели угнетенными.

Таблица 6. Токсичность цеолитсодержащего трепела для обыкновенного паутиного клеща при разных способах обработки имаго (ВИЗР, 2017 г.)

Вариант опыта	Среднее число имаго на лист по суткам учетов					Снижение численности, % к исходной по суткам учетов	
	до обработки	1	3	5	8*	5	8
Опыливание трепелом листьев фасоли с последующей посадкой имаго	15.0	10.0±0.58	7.7±0.33	7.3±0.33	16.3±1.2	51.3±2.2	+8.8
Окувание листьев фасоли в 0.5% суспензию трепела с последующей посадкой имаго	15.0	14.7±0.33	8.0±0.58	8.0±0.58	20.0±1.73	46.7±3.87	+33.3
Окувание листьев фасоли в 1.0% суспензию трепела с последующей посадкой имаго	15.0	11.7±0.7	7.3±0.88	7.0±0.58	8.3±0.34	53.3±3.87	44.6 2.11
Окувание листа фасоли в 1.0% супернатанта трепела с последующей посадкой имаго	15.0	11.7±0.7	7.3±0.67	4.0±0.58	14.0±1.0	73.3±3.87	6.6
Контроль	15.0	14.3±0.58	14.3±0.58	23.7±0.33	56.3±2.03	+58.0	+271

* – имаго + личинки

В целом, полученные результаты оценки биологической активности трепела для обыкновенного паутинного клеща свидетельствуют о наличии у него средних токсических свойств в отношении данного вредителя. При всех испытанных способах обработки значения показателей его токсичности для клеща не превышали 83%, что недостаточно для такого объекта, имеющего много поколений за сезон и быстро восстанавливающего численность.

При оценке токсичности трепела в отношении обыкновенного паутинного клеща было также установлено изменение поведения вредителя, что проявилось в откладке большей части яиц, в основном, на верхнюю поверхность листьев, вместо нижней, а также в некоторой

задержке процесса их откладки, но эти факты нуждаются в перепроверке.

3. Фитотоксические свойства цеолитсодержащего трепела. В результате специально поставленных опытов получены данные о том, что, независимо от способа обработки фасоли или картофеля цеолитсодержащим трепелом (опыливание, опрыскивание суспензией препарата или супернатантом), не было выявлено фитотоксического эффекта от его применения. Эти данные позволяют заключить, что токсичность трепела для изученных видов вредителей может быть усилена за счет увеличения его концентраций в 2–3 раза без ущерба для качества обрабатываемых растений.

Заключение

Результаты проведенных исследований выявили наличие контактных токсических свойств у цеолитсодержащего трепела в отношении членистоногих, однако степень их проявления зависит от вида вредителя, фазы развития и возраста. Так, смертность обыкновенной картофельной тли, вызываемая его действием, колебалась в пределах 70.4–83.0% в зависимости от способа обработки. При этом был получен равноценный токсический эффект при действии трепела на тлей R- и S- популяций.

Цеолитсодержащий трепел не обладает действием на яйца обыкновенного паутинного клеща, но в зависимости от способа обработки вызывал 63.2–80.4% снижение численности отрождающихся из обработанных яиц личинок и 46.6–73.3% – имаго в течение 5-суточного их контакта с обработанной им поверхностью. Полученные показатели токсичности недостаточно высоки для изученных сосущих вредителей, развивающихся в период вегетации в нескольких поколениях и образующих обширные популяции на различных культурах.

При оценке действия трепела на колорадского жука выявлена, убывающая с возрастом ларвицидная активность – наиболее высокая в отношении личинок младших возрастов вредителя и ее отсутствие – для старших. Однако цеолитсодержащий трепел не токсичен для яиц и имаго этого вредителя.

Необходимо отметить, что в случаях с картофельной тлей и личинками колорадского жука более высокий токсический эффект был получен при их непосредственном

опыливание в сравнение с другими способами обработки. Но способ опыливания, как не экологичный, не используется сейчас в практике, в связи с чем пестициды применяются, в основном, путем опрыскивания растений. Поэтому значительное внимание в исследованиях было уделено таким способам обработки тест-объектов, как окунание заселенных ими листьев в суспензии или супернатант трепела разной концентрации или подсадке разных фаз развития членистоногих на листья кормовых растений после их погружения в рабочие препараты трепела. При этом не было выявлено существенных различий в токсичности трепела при разных способах контакта подопытных объектов с обработанной поверхностью. Однако наблюдалось увеличение токсичности трепела по мере увеличения концентрации суспензии.

Таким образом, результаты проведенных лабораторных исследований свидетельствуют о том, что цеолитсодержащий трепел обладает контактными токсическими свойствами в отношении личиночных фаз развития членистоногих, что позволяет продолжить дальнейшее изучение его действия на членистоногих. Учитывая выявленную умеренную и кратковременную токсичность трепела для изученных видов вредителей и отсутствие у него фитотоксических свойств, изучаемые нормы применения трепела и кратность обработок им растений в полевых условиях могут быть увеличены в 2–3 раза. При этом необходимо обратить особое внимание на поведение и интенсивность питания вредителей на обрабатываемых растениях.

Библиографический список (References)

- Абаев А.А., Адиньяев Э.Д., Эсхаджиева Х.Х. Использование цеолитов для повышения продуктивности сои // Агрохимия. 2008. N 2. С. 26–27.
- Аксененко В.Ф., Хапохов Х.Б. / Совершенствование сортимента и технологий возделывания косточковых культур: Тез докл и выст. научн.-метод. конференции. Орел: ВНИИСПК, 1998. 312 с.
- Белкин В.Л. Влияние Хотынецких природных цеолитов на физиологические функции, иммунологические показатели и продуктивность животных и птиц // Актуальные проблемы ветеринарной медицины: Мат. междуна. научно-практической конференции Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. Ульяновск, 2003. Т. 2. С. 87–88.
- Григорьева А.В. Минералогия цеолитсодержащих пород Русской платформы на примере Хотынецкого месторождения Орловской области // Автореф. ... канд. дисс. М.: 2002. 24 с.
- Гришин Г.Е., Кузина Е.Е. Влияние цеолита и удобрений на плодородие серой десной почвы // Земледелие. 2008. N 6. С. 24–25.
- Лобода Б.П., Ходырев В.М., Гористова И.А. Орловский цеолит – перспективный субстрат для малообъемного выращивания огурца // Гауриш. 2007. N 2. С. 12.
- Мониторинг резистентности к пестицидам в популяциях вредных членистоногих (Методические указания) / Под ред. Г.И. Сухорученко, В.И. Долженко. СПб.: 2004. С. 1–28.
- Подольников В.Е., Гамко Л.Н., Подольникова М. В. Перспективы использования природных минералов в кормлении свиней // Вестник Орел ГАУ. 2011. N 1. С. 45–48.
- Athanassiou C.G., Kavallieratos N.G., Economou L.P., Dimizas C.B. et al. Persistence and efficacy of three diatomaceous earths formulation against *Stophilus orizae* (Coleoptera: Curculionidae) on wheat and arley // Journal of Economic Entomology. 2005. 98. 4. P. 1404–1412.
- Akhtar Y., Isman M.B. Horizontal transfer of diatomaceous earth and botanical insecticides in the common bed bug, *Cimex lectularis* L.; Hemiptera: Cimicidae // PLOS ONE. 2013. V. 8. N 9. P. 1–7.
- Faulde M.K., Tisch M., Scharninghausen J.J. Efficacy of modified diatomaceous earth on different cockroach species (Orthoptera, Blattellidae) and silver fish (Thysanura, Lepismatidae) // Journal of Pesticide Science. 2006. V. 79 (may). P. 155–161.
- I. Galović, J. Halamić, A. Grizelj, V. Rozman, A. Liška, Z. Korunić, P. Lucić, and R. Baličević. Croatian diatomites and their possible application as natural insecticide // Journal of the Croatian Geological Survey and the Croatian Geological Society. 2017. V. 70. N 1. P. 27–39.

- Goddard J. Long-term efficacy of various natural or @Green insecticides against bed bugs: a double-blind study / J. Goddard // *Insects*. 2014. N 5. P. 942–951.
- Katz H. Desiccants: dry as dust means insects death / H. Katz // *Pest Control Technology*. 1991, April. P. 82–84.
- Korunić, Z. Review diatomaceous earths, a group of natural insecticides / Z. Korunic // *Journal of Stored Product Research* 1998. V. 34. (2/3) P. 87–97.
- Korunic Z. Diatomaceous earth – natural insecticides / Z. Korunic // *Pesticides and Phytomedicine* (Belgrade). 2013. V. 28. N 2. P. 77–95.
- Korunic Z. A review of natural insecticides based on diatomaceous earths / Z. Korunic, V. Rozman, A Liska, P, Lucic // *Agriculture*. 2016. N 22. P. 10–18.
- Lilly D.G. Evidence of tolerance to silica-based desiccant dust in a pyrethroid-resistant strain *Cimex lectularius* (Hemiptera: Cimicidae) / D.G. Lilly, C. E. Webb, S.L. Doggett // *Insects*. 2016. V. 74. N 7. P. 1–12.
- Mewis I. Wirkungsweise amorpher Diatomeen erde auf vorrattsschedliche Insekten. Untersuchung der abrasiven und sorptiven Effekte / I. Mewis, Ch. Ulrich // *Journal of Pesticide Science*. 1999. V. 72. P. 113–121.
- Prasantha B.D.R. Lipid adsorption of diatomaceous earths and increased permeability in the epicuticle layer of the cowpea weevil *Callosobruchus maculatus* (F.) and the bean weevil *Acanthoscelides obtectus* (Say) / B.D.R. Prasantha, C. Reichmuth, C. / Adler, D. Felgentreu // *Journal of Stored Product Research*. 2015. V. 64. Part A. P. 36–41.
- Ross T.E. Diatomaceous earth as a possible alternate to chemical insecticides / T.E. Ross // *Agriculture and Environment*. 1981. V. 6. P. 43–51.
- Shah M.A. Use of diatomaceous earth for the management of stored-product pests / M.A. Shah, A.A. Khan // *International Journal of Pest Management*. 2014. V. 60, N 2. P. 100–113.
- Singh B. Laboratory and field studies demonstration the insecticidal potential of diatomaceous earth against wheat aphids in rict-wheat cropping system of Punjab (India) / B/ Singh, V. Singh // *Cereal Research Communication*. 2016. V. 43. N 3. P. 435–443.

Translation of Russian References

- Abaev A.A., Adinyaev E.D., Eskhadzhieva Kh.Kh. Use of zeolites to increase the productivity of soybean // *Agrokhimija*. 2008. N 2. P. 26–27. (In Russian).
- Aksenenko V.F., Apakhov H.B. Improvement of assortment and technologies of cultivation of stone fruit crops. In: Tez. dokl. i vyst. nauchn.-metod. konferentsii. Orel: VNIISPK, 1998. 312 p. (In Russian).
- Belkin V.L. Influence of Khotynetsky natural zeolites on physiological functions, immunological indices and productivity of animals and birds / In: Aktual'nye problemy veterinarnoj meditsiny: Mat. mezhdun. nauchno-prakticheskoy konferentsii U'janovskoj gosudarstvennoj sel'skhozajstvennoj akademii. U'janovsk, 2003. V. 2. P. 87–88. (In Russian).
- Grigorieva A.V. Mineralogy of zeolite-containing rocks of the Russian platform on the example of Khotynetsky Deposit of Oryol region / Avtoref. ... kand. diss. Moscow: 2002. 24 p. (In Russian).
- Grishin G.E., Kuzina E.E. Influence of zeolite and fertilizers on the fertility of grey forest soil // *Zemledelie*. 2008. N 6. P. 24–25. (In Russian).
- Podol'nikov V.E., Gamko L.N., Podol'nikova M.V. Prospects of use of natural minerals in feeding pigs // *Vestnik Orel GAU*. 2011. N 1. P. 45–48. (In Russian).
- Sukhoruchenko G.I., Dolzhenko V.I. (Eds.). Pesticide resistance monitoring in populations of harmful arthropods (Guidelines). St. Petersburg: 2004. P. 1–28. (In Russian).

Plant Protection News, 2018, 3(97), p. 29–35

BIOLOGICAL ACTIVITY OF ZEOLITE-CONTAINING TRIPOLI AGAINST SOME AGRICULTURAL PESTS

G.I. Sukhoruchenko¹, T.I. Vasilieva¹, G.I. Ivanova¹, V.M. Khodyrev², S.A. Volgarev¹

¹All-Russian Institute of Plant Protection, St. Petersburg, Russia

²TseoTradeResurs Co Ltd, Moscow, Russia

The toxicity of zeolite-containing tripoli (siliceous sedimentary rock) of the Khotynets deposit (Orel Oblast) was studied in the laboratory for the first time for aphid *Aulacorthum solani* Kalt., Colorado beetle *Leptinotarsa decemlineata* Say and spider mite *Tetranychus urticae* Koch. Using different treatment methods of processing test objects with a tripoli (dusting or dipping in suspension and supernatant of leaves, populated by aphids, or putting aphids on treated leaves), no ovicidal properties of the preparation were found. However, the larvicidal and moderate imagocidal action against sucking pests was found. Depending on the method of treatment, the obtained mortality rates of *Aulacorthum solani* (resistant and susceptible populations) and *Tetranychus urticae* fluctuated within the range 70.4–83.0% and 46.6–80.4%, accordingly. Study of the effect of tripoli on the *Leptinotarsa decemlineata*, showed the larvicidal activity decreasing with age: the highest rates (60–100%) were estimated for larvae of younger pest ages, and absence of efficacy was found for larvae of older ages and imagoes. The presence of phytotoxic properties in tripoli was not established. The results suggest that study of toxic effect of this unique natural substance on pests should be continued in field. At the same time, in order to obtain high toxic effect, the tripoli application rate and multiplicity of treatments can be increased by 2–3 times.

Keywords: zeolite-containing tripoli, *Aulacorthum solani*, *Leptinotarsa decemlineata*, *Tetranychus urticae*, different ages of pest insect, contact toxicity, phytotoxicity.

Сведения об авторах

Всероссийский НИИ защиты растений, шоссе Подбельского, 3, 196608 Санкт-Петербург, Пушкин, Российская Федерация
 Сухорученко Галина Ивановна. Главный научный сотрудник, доктор сельскохозяйственных наук, e-mail: suhoruchenkogalina@mail.ru
 Васильева Тамара Ильинична. Ведущий научный сотрудник, кандидат биологических наук, e-mail: ecotoc2016@mail.ru
 Иванова Галина Петровна. Ведущий научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук, e-mail: galinaivanova-vizr@yandex.ru
 *Волгарев Сергей Анатольевич. Ведущий научный сотрудник, кандидат биологических наук, e-mail: ecotoxicology@vizr.spb.ru
 ООО «ЦеоТрейдРесурс», Москва
 Ходырев Владимир Михайлович. Директор по развитию, e-mail: rododendrous@mail.ru

Information about the authors

All-Russian Institute of Plant Protection, Podbelskogo Shosse, 3, 196608, St. Petersburg, Pushkin, Russian Federation
 Sukhoruchenko Galina Ivanovna. Principal Researcher, DSc in Agriculture, e-mail: Sukhoruchenkogalina@mail.ru
 Vasilieva Tamara Ilinichna. Leading Researcher, PhD in Biology, e-mail: ecotoc2016@mail.ru
 Ivanova Galina Petrovna. Leading Researcher, PhD in Agriculture, e-mail: galinaivanova-vizr@yandex.ru
 *Volgarev Sergey Anatolievich. Leading Researcher, PhD in Biology, e-mail: ecotoxicology@vizr.spb.ru
 “TseoTradeResurs” Co Ltd, Moscow, Russian Federation
 Khodyrev Vladimir Michailovich. Director of Development, e-mail: rododendrous@mail.ru