

УДК:632.95.028

DOI: 10.31993/2308-6459-2018-4(98)-30-34

## БИОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЦЕОЛИТСОДЕРЖАЩЕГО ТРЕПЕЛА В БОРЬБЕ С ВРЕДИТЕЛЯМИ КАРТОФЕЛЯ

Г.И. Сухорученко, Т.И. Васильева, Г.П. Иванова, С.А. Волгарев

*Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург*

Проведена оценка биологической эффективности трепела Хотынецкого месторождения (Орловская область) на картофеле в борьбе колорадским жуком *Leptinotarsa decemlineata* Say в Белгородской области и обыкновенной картофельной тлей *Aulacorthum solani* Kalt. в теплице ВИЗР. Установлено, что 4% суспензия трепела снижает численность личинок колорадского жука на 72.2–49.1% в течение 14 суток при двукратном применении. Более низкие результаты были получены при применении препарата в 2% концентрации (70.2–37.8% снижение численности). Несмотря на умеренную эффективность, трепел сдерживал развитие вредителя ниже ЭПВ. Биологическая эффективность трепела в борьбе с обыкновенной картофельной тлей после двукратной обработки картофеля 4% суспензией составляла 98.0–95.0% в течение 14 суток. Трепел, как вещество природного происхождения, представляет интерес для дальнейшего изучения в системах чередования инсектицидов в борьбе с резистентными популяциями колорадского жука и в борьбе с обыкновенной картофельной тлей в первичном семеноводстве картофеля.

**Ключевые слова:** картофель, цеолитсодержащий трепел, обыкновенная картофельная тля, колорадский жук, кратность обработок, биологическая эффективность.

*Поступила в редакцию: 27.08.2018*

*Принята к печати: 20.11.2018*

В последние годы в качестве природных инсектицидов внимание исследователей привлекают кремнистые осадочные горные породы, сложенные ископаемыми останками простейших морских или пресноводных организмов (микроскопические водоросли диатомеи, фораминиферы, радиолярии, губки и др.). Эти организмы содержат в твердых частях своего тела аморфный кремнезем ( $\text{SiO}_2$ ), благодаря которому их отложения обладают инсектицидными свойствами. Среди этих отложений в качестве средства борьбы с разными видами бытовых насекомых, вредителей запасов и полевых культур наиболее широко используется диатомит [Shah, Khan, 2014; Prasantha et al., 2015; Korunic et al., 2016; B. Singh, V. Singh, 2016 и др.].

Диатомит представляет собой осадочную породу, образованную останками диатомовых водорослей и состоящую на 80–90% из аморфного кремния, адсорбирующего липиды из воскового слоя эпикутикулы членистоногих. Это нарушает целостность их покровов, приводит к интенсивному испарению воды и гибели обработанных особей от иссушения [Katz, 1991; Mewis, Ulrichs, 1999]. Уникальный физиологический механизм действия позволяет использовать препараты диатомита против резистентных к инсектицидам органического синтеза популяций вредных членистоногих [Lilly et al., 2016].

Близкой по свойствам к диатомиту кремнистой осадочной горной породой является цеолитсодержащий тре-

пел, состоящий из комплекса минералов, включающего опал-кристобалит (аморфный и кристаллический кремнезем), и рассеянного органического вещества (донные отложения фитопланктона и мелких морских животных) [Григорьева, 2002]. Цеолитсодержащий трепел встречается в разных регионах России, в том числе в верхнемеловых отложениях Русской платформы в пределах Орловской, Брянской, Воронежской и Курской областей. Самым крупным на Русской платформе считается Хотынецкое месторождение трепела Орловской области с содержанием аморфного кремния 48.4%.

Благодаря достаточно высокому содержанию аморфного кремния цеолитсодержащий трепел Хотынецкого месторождения представляет интерес для изучения в качестве средства борьбы с вредными членистоногими, особенно с видами, в популяциях которых развивается резистентность к применяемым пестицидам. Проведенная нами оценка токсичности трепела для ряда вредителей в лабораторных опытах при разных способах обработки (опыливание, погружение в 1–2% суспензию или супернатант, посадка на обработанный корм) выявила наличие контактных токсических свойств у цеолитсодержащего трепела для членистоногих. Однако степень их проявления зависит от вида вредителя, возраста и фазы развития,

#### Материалы и методы

Колорадский жук и картофельная тля, используемые в качестве объектов исследования, являются опасными вредителями картофеля. Первый вид повсеместно повреждает эту культуру, вызывая значительные потери урожая. Обыкновенная картофельная тля – вредитель различных овощных и цветочных культур, но особую опасность представляет в качестве переносчика вирусной инфекции на посадках семенного картофеля как в поле, так и в теплицах, выращивающих его микрорастения.

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. Несмотря на тот факт, что наилучшие показатели токсичности трепела в лабораторных исследованиях были получены нами при опыливании подопытных объектов, обработку растений проводили его суспензией, так как способ опыливания в настоящее время не используется в практике. Суспензии трепела разной концентрации получали путем добавления в воду эмульгатора ОП-10 в пропорции 10% от его навески. Поскольку в лабораторных исследованиях был сделан вывод о том, что концентрации трепела и кратность его применения можно увеличить в 2 раза, в полевых опытах использовали 2% и 4% суспензии.

Оценка биологической эффективности трепела в борьбе с обоими вредителями проводилась в деляночных опытах с использованием стандартных методик, принятых при проведении регистрационных испытаний инсектицидов на картофеле против вредителей (Долженко, Сухорученко, 2009; Васильева и др., 2009). Согласно этим методикам в опытах были предусмотрены варианты: обработка делянок трепелом, эталонным препаратом карате Зеон и необработываемый контроль в 4 повторностях. Де-

способа обработки [Сухорученко и др., 2018]. Так была установлена высокая начальная токсичность трепела для личинок, отрождающихся из обработанных яиц обыкновенного паутиного клеща (*Tetranychus urticae* Koch.), но умеренная – для его имаго. Определена высокая активность трепела для личинок младших возрастов колорадского жука (*Leptinotarsa decemlineata* Say) и отсутствие таковой для личинок старших возрастов или имаго. Смертность обыкновенной картофельной тли (*Aulacorthum solani* Kalt.) от действия трепела колебалась в пределах 70.4–83.0% в зависимости от способа обработки. Была также выявлена близкая токсичность трепела для тлей резистентной (ПР к актеллику – 100х, к талстару – 20х) и чувствительной к инсектицидам популяций тли. Наблюдалось усиление токсичности трепела по мере увеличения концентрации при отсутствии фитотоксического эффекта.

На основании полученных данных представлялось важным дальнейшее изучение токсических свойств трепела в полевых условиях. В связи с этим в 2018 г. мы проводили оценку биологической эффективности трепела на картофеле в отношении колорадского жука и обыкновенной картофельной тли, для которых в лабораторных исследованиях были получены показатели его токсичности при разных способах обработки.

Лянки опрыскивали 2% и 4% суспензиями трепела и эталоном дважды с недельным интервалом с помощью ранцевого опрыскивателя Solo. Учеты численности вредителей проводили до обработки и далее на 3 и 7 сутки после каждой обработки. Показателями биологической эффективности оцениваемых средств борьбы служили величины снижения численности насекомых в процентах к исходной с поправкой на контроль.

Опыты с колорадским жуком закладывали в Белгородской области в фазу начало бутонизации картофеля на резистентной к актеллику и к суми-альфа популяции вредителя (89.1% и 80.0% резистентных особей в популяции соответственно). Структура популяции в день обработки (20 мая) была представлена на 85% личинками младших возрастов и 15% – имаго. Средняя численность личинок на делянках опыта колебалась в пределах 5.3–7.0 особей/куст при 10–15% заселенности кустов.

Изучение биологической эффективности трепела в борьбе с обыкновенной картофельной тлей проводили в теплице ВИЗР на картофеле, выращиваемом на стеллажах в керамических горшках (повторность – 3 горшка объемом 2 л на площади делянки 0.25 м<sup>2</sup>). Растения искусственно заселяли вредителем в фазу 3 настоящих листьев. В опыте использовали тлю, собранную на посадках картофеля в семеноводческом хозяйстве ЗАО «Октябрьское» (Волосовский район, Ленинградская область) и разводимую в лаборатории на растениях картофеля в садках с регулируемым длиной светового дня, температурой и влажностью воздуха. Обработку растений проводили при средней численности вредителя 3.0–3.8 особей/лист.

Статистическая обработка данных проводилась методом регрессионного анализа с использованием пакета компьютерных программ STATISTICA 13.

#### Результаты

Наблюдения за развитием колорадского жука на фоне применения трепела выявили, что в используемых концентрациях по показателям биологической эффективности он уступает эталону карате Зеон. Так, численность отрождающихся из яиц личинок на 3 сутки после обработки 2% суспензией снижалась на 70.1% и на 72.2% – при обработ-

ке 4% суспензией, что было значительно ниже эффективности эталона (табл. 1).

На 7 сутки после обработки эффективность трепела резко снижалась – до 12.1% в варианте с 2% суспензией и до 32.2% – в варианте с 4% суспензией при высоких ее показателях в варианте с эталоном (табл. 1). Таким образом, подтвердилась наблюдаемая в лабораторных опытах

Таблица 1. Биологическая эффективность трепела в борьбе с колорадским жуком на картофеле (Белгородская область, Белгородский район, сорт Жуковский, первая обработка 20.05, вторая – 27.05.2018 г.)

Препарат, концентрация	Повторность	Среднее число личинок на куст по суткам учетов					Снижение численности в % к исходной с поправкой на К по суткам учетов			
		до обработки	после первой обработки		после второй обработки		после первой обработки		после второй обработки	
			3	7	3	8	3	7	3	8
Трепел, суспензия 2.0%	1	15.0	20.0	28.0	18.0	25.0	31.8	42.3	73.9	70.8
	2	6.0	6.0	18.0	15.9	20.0	48.8	7.2	49.2	41.5
	3	2.0	0	8.0	10.0	23.0	100	0	0	0
	4	2.0	0	5.0	5.0	7.0	100	18.1	45.7	38.7
	Ср.	6.3	6.5	14.8	12.8	18.8	70.2	12.1	42.2	37.8
Трепел, суспензия 4.0%	1	9.0	5.0	17.0	0	16.1	66.6	41.6	100	68.6
	2	11.0	7.0	21.0	12.0	20.0	61.7	41.0	76.3	68.1
	3	3.0	2.0	6.0	6.0	9.0	59.9	38.2	56.6	47.4
	4	2.0	0	6.0	9.0	10.0	100	8.0	2.2	12.4
	Ср.	5.8	3.5	12.5	6.8	13.8	72.1	32.2	58.8	49.1
Каратэ Зеон, МКС (50 г/л), 0.1% (эталон)	1	10.0	0	0	0	2.4	100	100	100	95.8
	2	8.0	0	0	0	0	100	100	100	100
	3	5.0	0	0	0	0	100	100	100	100
	4	5.0	0	0	0	6.0	100	100	100	79.0
	Ср.	7.0	0	0	0	2.1	100	100	100	93.7
Контроль (К)	1	15.0	10.0	21.0	32.0	44.0	–	–	–	–
	2	3.0	10.0	19.0	25.0	41.0	–	–	–	–
	3	3.0	13.0	32.0	40.0	25.0	–	–	–	–
	4	6.0	12.0	16.0	28.0	45.0	–	–	–	–
	Ср.	6.8	11.3	22.0	31.3	38.8	–	–	–	–
НСР							37.9	22.5	48.3	37.0

кратковременность (до 3 суток) токсического действия трепела в отношении личинок колорадского жука, в связи с чем возникла необходимость в повторной обработке.

При повторной обработке растений трепелом через 7 суток после первой численность вредителя снижалась на 42.2–37.8% в варианте с 2% концентрацией и на 58.8–49.1% при использовании 4% суспензии (табл. 1). Полученные более низкие результаты от повторной обработки растений трепелом в сравнение с первой обработкой, по-видимому, могут быть объяснены увеличением в структуре популяции жука личинок среднего и старшего возрастов, для которых этот препарат мало или вообще не токсичен.

Анализ полученных данных по снижению численности личинок колорадского жука в отдельных вариантах применения трепела свидетельствуют о значительном их варьировании, как по вариантам, так и по повторностям опыта, особенно сильным при обработке 2% суспензией (от 31.8 до 100% – после первой обработки и от 0 до 42.3% – после второй). Статистическая обработка данных не выявила существенных различий в эффективности тре-

пела между его концентрациями. Наряду с изменениями в возрастной структуре популяции жука этот факт можно объяснить нестабильностью применяемых суспензий и, соответственно, качеством покрытия ими поверхности листьев растений.

Иная картина наблюдалась при применении трепела в борьбе с обыкновенной картофельной тлей. Наблюдения за ее развитием выявили высокий токсический эффект от обработки трепелом картофеля 4% суспензией, особенно после второй обработки, когда показатели его биологической эффективности (95.7–94.5% снижение численности) приближались к эталону карате Зеон (табл. 2). При обработках заселенных тлей растений 2% суспензией трепела биологическая эффективность двукратного его применения находилась на уровне 86.3–86.8% в течение 14 суток. Различия в показателях биологической эффективности между концентрациями трепела статистически достоверны.

Необходимо отметить, что при проведении исследований как в полевых условиях, так и в теплице, фитотоксического эффекта при применении трепела не отмечалось.

### Заключение

Анализ полученных результатов оценки биологической эффективности трепела в борьбе с двумя экономически значимыми вредителями картофеля – обыкновенной картофельной тлей и колорадским жуком показал, что он сохраняет свои токсические свойства для этих насекомых и в производственных условиях. Несмотря на то, что трепел выявил умеренную токсичность для колорадского жука, обработки картофеля его суспензиями сдерживали развитие вредителя, резистентного к фосфорорганическо-

му препарату актеллику и к пиретроиду суми-альфа, ниже ЭПВ в течение 14 суток (снижение численности в 2.1–2.8 раза по сравнению с необработываемым вариантом). Эти данные, а также механизм действия трепела на членистоногих, обусловленный входящим в его состав аморфным кремнием, свидетельствуют о перспективности изучения данного вещества в системах чередования инсектицидов разных химических классов в борьбе с резистентными к инсектицидам популяциями колорадского жука. Установ-

Таблица 2. Биологическая эффективность трепела в борьбе с обыкновенной картофельной тлей на картофеле (Санкт-Петербург-Пушкин, теплица ВИЗР, сорт Ред Скарлет, первая обработка 29.05, вторая – через 7 дней после первой 5.06 2018 г.)

Препарат, концентрация	Повтор- ность	Среднее число личинок и имаго на лист по суткам учетов					Снижение численности в % к исходной с поправкой на К по суткам учетов			
		до обра- ботки	после первой обработки		после второй обработки		после первой обработки		после второй обработки	
			3	7	3	8	3	7	3	8
Трепел, суспензия 2.0%	1	3.0	2.2	2.3	2.8	4.8	75.6	87.4	89.5	91.3
	2	4.0	3.6	2.7	3.3	6.9	70.0	88.9	90.7	90.5
	3	2.6	2.4	4.0	4.0	10.8	77.8	87.3	82.7	77.5
	4	3.6	4.2	4.0	4.8	8.6	61.1	81.7	85.0	87.8
	Ср.	3.3	3.1	2.7	3.7	7.8	71.1	86.3	87.0	86.8
Трепел, суспензия 4.0%	1	4.8	2.6	1.7	0.9	3.0	81.9	94.2	97.9	96.6
	2	2.6	1.6	1.0	0.4	2.7	79.5	94.7	98.3	94.4
	3	2.0	1.8	1.0	0.2	2.6	70.3	91.7	98.9	92.9
	4	3.0	2.6	1.1	0.4	2.1	71.1	94.0	98.5	96.2
	Ср.	3.8	2.2	1.2	0.5	2.6	75.7	93.7	98.4	95.0
Каратэ Зеон, МКС (50 г/л), 0.1 % (эталон)	1	4.0	0	0.2	0	0.8	100	99.2	100	98.9
	2	1.6	0	0	0	1.4	100	100	100	95.3
	3	2.0	0	0	0	0.7	100	100	100	98.1
	4	4.7	0	0.1	0	0.4	100	99.6	100	99.5
	Ср.	3.1	0	0.07	0	0.8	100	99.7	100	98.0
Контроль (К)	1	2.6	9.8	24.1	38.2	53.6	–	–	–	–
	2	3.6	12.4	15.0	20.4	54.4	–	–	–	–
	3	2.0	6.9	13.6	14.4	40.3	–	–	–	–
	4	4.0	7.9	22.6	37.2	83.2	–	–	–	–
	Ср.	3.1	9.3	18.8	27.5	57.1	–	–	–	–
НСР							8.34	3.3	3.5	5.6

ленная высокая эффективность трепела в борьбе с обыкновенной картофельной – тлей-переносчиком вирусной инфекции позволяет заключить о возможности его использования в первичном семеноводстве картофеля.

Вместе с тем для использования трепела в решении обозначенных проблем возникает необходимость в раз-

работке совместно с химиками его препаративной формы в виде суспензии или пасты, обеспечивающей равномерное покрытие листовой поверхности растений и, соответственно, получение более стабильной биологической эффективности обработок.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 16-16-04079).

#### Библиографический список (References)

- Григорьева А.В. Минералогия цеолитсодержащих пород Русской платформы на примере Хотынецкого месторождения Орловской области /А.В. Григорьева // Автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук. М., 2002. 24 с.
- Васильева Т.И., Глез В.М., Долженко О.В. Вредители картофеля. Тли – переносчики вирусных заболеваний картофеля. / Т.И. Васильева, В.М. Глез, О.В. Долженко / Методические указания по регистрационным испытаниям инсектицидов, акарицидов, моллюскоцидов и родентицидов в сельском хозяйстве. Санкт-Петербург, 2009. С.126–128.
- Долженко В.И. Вредители картофеля. Колорадский жук. /В.И. Долженко, Г.И. Сухорученко / Методические указания по регистрационным испытаниям инсектицидов, акарицидов, моллюскоцидов и родентицидов в сельском хозяйстве. Санкт-Петербург, 2009. С. 129–131.
- Сухорученко Г.И. Биологическая активность цеолитсодержащего трепела в отношении ряда вредителей сельскохозяйственных культур. / Г.И. Сухорученко, Т.И. Васильева, Г.П. Иванова, С.А. Волгарев // Вестник защиты растений. 2018. N 3 (97). С. 29–35.
- 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.
- Prasanth 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. Prasanth, C. Reichmuth, C. Adler, D. Felgentreu // Journal of Stored Product Research. 2015. V. 64.Part A. P. 36–41.
- 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 rice-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

- Dolzhenko V.I., Sukhoruchenko G.I. Pests of potatoes. The Colorado potato beetle. Methodical instructions on registration tests of insecticides, acaricides, rodenticides and molluscicides in agriculture. Saint Petersburg. 2009. P. 129–131 (In Russian).
- Grigorieva A.V. Mineralogy of zeolite-containing rocks of the Russian platform as exemplified by Hotynets Deposit in Orel Region. PhD Dissertation. Moscow. 2002. 24 p. (In Russian).
- Sukhoruchenko G.I., Vasilyeva T.I., Ivanova G.P., Volgarev S.A. Biological activity of zeolite diatomaceous earth against several pests of agricultural crops. The Bulletin of plant protection. 2018. N 3 (97). P. 29–35 (In Russian).
- Vasilyeva T. I., Gleize, V. M., Dolzhenko O. V. Pests of potatoes. Aphids are vectors of viral diseases of potatoes. Methodical instructions on registration tests of insecticides, acaricides, rodenticides and molluscicides in agriculture. Saint Petersburg. 2009. P. 126–128 (In Russian).

## BIOLOGICAL EFFECTIVENESS OF ZEOLITE-CONTAINING TRIPOLI IN PEST CONTROL OF POTATOES

G.I. Suchorutchenko, T.I. Vasilieva, G.I. Ivanova, S.A. Volgarev

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

The biological effectiveness of the tripoli of the Hotynets Deposit (Orel region) was evaluated for the control of Colorado beetle *Leptinotarsa decemlineata* Say in the Belgorod region on potatoes and foxglove aphid *Aulacorthum solany* Kalt in a greenhouse. It was found that 4% suspension of tripoli reduced the number of Colorado potato beetle larvae by 72.2–49.1% for 14 days (using double treatment). Lower indices were obtained with the use of the preparation in 2% concentration (70.2–37.8% reduction in population). Despite its moderate effectiveness, the tripoli suppressed the pest below the economic threshold of harmfulness. Biological efficiency of tripoli in the combat against foxglove aphids after double treatment of potatoes with 4% suspension was 98.0–95.0% for 14 days. The tripoli, as a preparation of natural origin, is of interest for further study in systems of alternative insecticides to combat resistant populations of the Colorado potato beetle and foxglove aphid in primary potato seed production.

**Keywords:** potato, zeolite-containing tripoli, foxglove aphid, Colorado potato beetle, the number of treatments, effectiveness.

*Received: 27.08.2018*

*Accepted: 20.11.2018*

### 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: suhoruchenkagalina@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

### Information about the authors

All-Russian Institute of Plant Protection, Podbelskogo Shosse, 3, 196608,  
St. Petersburg, Pushkin, Russian Federation  
*Suchorutchenko Galina Ivanovna.* Principal Researcher, DSc in Agriculture,  
e-mail: suhoruchenkagalina@mail.ru  
*Vasiliyva 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

\* Ответственный за переписку

\* Corresponding author