

## Влияние обработки почвы полифункциональным водорастворимым полимером на дождевых червей

А. Р. Цыганов, академик НАН Беларуси

Белорусский государственный технологический университет

Г. А. Чернуха, кандидат с.-х. наук

Белорусская государственная сельскохозяйственная академия

(Дата поступления статьи в редакцию 08.01.2018 г.)

*В результате лабораторных исследований установлено, что полифункциональный водорастворимый полимер поли-N,N-диметил-3,4-диметилен-пирролидиний хлорид может быть классифицирован как практически не токсичный для дождевых червей, так как медианное значение летальной концентрации  $LC_{50}$  превышает 1000,0 мг/кг почвы.*

### Введение

В настоящее время почва как естественная саморегулирующаяся система биосферы не справляется с современной антропогенной и технологической нагрузкой, что ведет к ухудшению ее агрофизических свойств: разрушению сложения и структуры, нарушению водного и воздушного режима. Это ведет к усилению основного антропогенного фактора деградации почв – водной и ветровой эрозии. В этих условиях утрачиваемые естественные защитные функции почв целесообразно восполнить искусственными. Перспективным является применение в качестве структурообразователей водорастворимых полимеров, которые способны в максимально короткие сроки (несколько часов с момента внесения) увеличить количество водопрочных агрегатов в почве до оптимальных параметров и тем самым уменьшить ее дальнейшую деградацию.

Исследования по оптимизации физических свойств почв полимерными материалами начались еще в конце XIX – начале XX века отечественными и зарубежными почвоведом, изучавшими воздействие органических коллоидов на минеральные компоненты почв и грунтов.

Наибольшую известность в исследованиях, которые проводились во многих странах мира, получили полимеры-полиэлектролиты. Это органические линейные полимеры, хорошо растворимые в воде. В зависимости от вида функциональных групп макромолекула их в растворе может иметь положительный или отрицательный заряд или быть электронейтральной. Амфотерные полиэлектролиты, в зависимости от pH среды, могут нести как положительный, так и отрицательный заряды.

Использование искусственных структурообразующих полимеров, особенно в сочетании с удобрениями, снижает вредное антропогенное воздействие на почву, сохраняет плодородие и повышает продуктивность сельскохозяйственных культур [1–3].

Фундаментальные исследования последних лет позволили создать новый класс полифункциональных олигомеров, содержащих заряженные атомы в каждом звене цепи, а также функциональные, комплексообразующие и другие группы. Эти полимеры, близкие по строению и структуре к природным системам, способны осуществлять электронный и ионный перенос в молекуле, а также комплексообразующие и окислительно-восстановительные процессы.

Одним из таких полимеров является поли-N,N-диметил-3,4-диметилен-пирролидиний хлорид (ПДМПП). Нами установлено, что обработка почвы данным полимером улучшает структуру дерново-подзолистых почв, водопрочность почвенных агрегатов и их водные свойства, повышает урожайность сельскохозяйственных культур и

*Laboratory research has found that polyfunctional water-soluble polymer poly-N,N-dimethyl-3,4-dimethylen-pyrroldine chloride can be classified as practically nontoxic for earthworms as median value of  $LC_{50}$  lethal concentration outweighs 1000,0 mg/kg of soil.*

снижает накопление радионуклидов цезия-137 и стронция-90 растениями [4, 5].

Между тем экологическое значение почвенного покрова в биосфере и жизни человека отнюдь не ограничивается ролью поставщика продуктов питания для людей. Почва является совершенно уникальной средой обитания самых разнообразных видов и форм животных, растений и микроорганизмов, в том числе главной средой обитания беспозвоночных животных и простейших одноклеточных существ: это дождевые черви, многоножки, личинки насекомых, мелкие клещи, бескрылые насекомые. Анализ литературных источников показал, что в научных публикациях практически отсутствуют данные о влиянии обработки почвы водорастворимыми полимерами на дождевых червей. Недостаточная изученность данного вопроса послужила предпосылкой для проведения исследований.

Цель нашей работы – изучить влияние обработки почвы ПДМПП на дождевых червей и оценить его токсичность.

### Материал и методика исследований

Биоиндикационные методы оценки состояния природной среды широко используются в современных экологических исследованиях. Одной из многочисленных и представленных во всех биогеоценозах групп почвообитающих животных-биоиндикаторов являются дождевые черви.

Исследования проводили в лабораторных опытах в соответствии с методикой, приведенной в руководстве для тестирования химикатов [6].

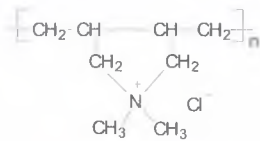
Тестируемые животные – взрослые черви вида *Eisenia foetida foetida*, массой 500–600 мг/шт., помещались в стеклянные стаканы объемом 1 л с искусственным почвенным субстратом, обработанным разными дозами полимера.

Субстрат готовили следующим образом: 10 % сфагнового сухого и тонко растертого торфа (pH 5,5–6,0) без видимых растительных остатков, 20 % каолиновой глины, 70 % мелкого промышленного песка. Сухие составные части тщательно смешивали. Кислотность в искусственном субстрате доводилась до  $6,0 \pm 0,5$  с помощью карбоната кальция. Определяли влажность смеси высушиванием небольшого количества образца при температуре 105 °С.

Воздушно-сухой субстрат помещали в стеклянные сосуды объемом 1 л, добавляли дистиллированную воду, чтобы влажность почвы была около 30 %. Затем растворяли необходимое количество полимера в небольшом количестве дистиллированной воды и приливали к почве. Влажность почвы доводили до 35 %. Почву с полимером тщательно перемешивали. В контроле использовали только дистиллированную воду без полимера. Масса влажной почвы в каждом сосуде составляла 750 г.

Схема опыта включала 8 вариантов: контроль (без обработки почвы полимером) и семь вариантов с обработкой почвы полимером в дозе 10, 50, 100, 200, 300, 500 и 1000 мг/кг почвы. Повторность опыта – 4-кратная.

ПДМППГ представляет собой белый гигроскопический порошок, хорошо растворимый в воде, метаноле и этаноле и нерастворимый в других органических растворителях. Структурная формула полимера:



Дождевых червей для акклиматизации за сутки до начала исследований помещали в сосуд с необработанной искусственной почвой. В первый день исследований промывали дождевых червей в дистиллированной воде, высушивали, отбирали по 10 шт., взвешивали и помещали на поверхность почвы, расфасованной по сосудам. Сосуды накрывали стеклом.

На 7-й и 14-ый день содержимое сосудов переносили на поднос и исследовали. Велся учет количества особей в каждом сосуде, а также их массы к окончанию опытов. Червей перед взвешиванием промывали в дистиллированной воде.

Освещение в лаборатории находилось в пределах от 400 до 800 люкс, температура – (20±2) °С.

### Результаты исследований и их обсуждение

Дождевые черви являются представительным видом организмов, по которому оценивают токсичность и опасность пестицидов для почвенной мезофауны. Класс опасности препарата оценивается по величине полуметаллической концентрации (LC<sub>50</sub>) его в почве.

Результаты определения гибели червей при проведении исследований представлены в таблице 1.

Анализ полученных результатов показал, что гибель червей была отмечена только в варианте опыта, где кон-

центрация полимера в почве достигла 1000,0 мг/кг. Из 40 особей червей в группе этого варианта погибли через 7 дней одна, а через 14 дней – две, что составило 7,5 %.

Следовательно, медианное значение летальной концентрации LC<sub>50</sub> (концентрация химического вещества в пищевом рационе, которая приводит к 50 % гибели тестируемых животных) для нашего полимера превышает 1000,0 мг/кг и, в соответствии с рекомендациями российских ученых, приведенных в Руководстве по классификациям экологической опасности пестицидов [7], которые в свою очередь базируются на рекомендациях ООН «Согласованная на глобальном уровне система классификации опасности и маркировки химической продукции», он может быть классифицирован как практически не токсичный.

В таблице 2 представлены результаты определения массы червей перед закладкой опыта и на 14-й день. За 14 дней как в варианте без полимера, так и в вариантах с его применением в диапазоне концентраций от 10 до 500 мг/кг почвы изменение живой массы дождевых червей оказалось незначительным: от +4,1 до –5,8 %. Только при концентрации полимера в почве 1000,0 мг/кг живая масса дождевых червей уменьшилась на 30,4 %. Это в основном обусловлено гибелью двух особей в данном варианте.

Следует также отметить, что нами ранее экспериментально было установлено, что наиболее эффективными при обработке почвы являются относительно невысокие дозы полимера – ниже 50,0 мг/кг почвы [4, 5].

### Заключение

По результатам определения острой токсичности полифункционального полимера поли-N,N-диметил-3,4-диметилен-пирролидиний хлорид для дождевых червей вида *Eisenia foetida foetida*:

- гибель червей зафиксирована только с достижением концентрации полимера в почве 1000,0 мг/кг и составила 7,5 %;
- медианное значение летальной концентрации LC<sub>50</sub>

для полимера превышает 1000,0 мг/кг почвы;

– обработка почвы полимером в диапазоне концентраций до 500,0 мг/кг почвы практически не влияла на живую массу дождевых червей;

– полимер может быть классифицирован как практически не токсичный для дождевых червей.

### Литература

1. Кульман, А. Искусственные структурообразователи почвы / А. Кульман. – М.: Колос, 1982. – 158 с.
2. Кузин, Е. Н. Изменение плодородия почв: монография / Е. Н. Кузин, А. Н. Арефьев, Е. Е. Кузина. – Пенза: РИО ПГСХА, 2013. – 266 с.
3. Артюшин, А. М. Применение полимеров в сельском хозяйстве / А. М. Артюшин // Достижения науки и техники АПК. – 1991. – № 1. – С. 52–53.
4. Влияние обработки почвы новым полимером-сорбентом на урожайность сельскохозяйственных культур и накопление радионуклидов / Г. А. Чернуха [и др.] // Вестник БГСХА. – 2011. – № 1. – С. 84–87.
5. Цыганов, А. Р. Влияние нового полифункционального полимера на структуру дерново-подзолистой почвы / А. Р. Цыганов, Г. А. Чернуха // Землярьство и ахова раслин. – 2012. – № 2. – С. 32–34.
6. ГОСТ 33036-2014. Методы испытаний химической продукции, представляющей опасность для окружающей среды. Определение острой токсичности для дождевых червей. – М.: Стандартинформ, 2015. – 5 с.
7. Методы оценки экологической опасности пестицидов при их регистрации (Руководство по классификациям экологической опасности пестицидов). – Большие Вяземы, 2010. – 14 с.

Таблица 1 – Влияние полимера ПДМППГ на смертность дождевых червей

Концентрация полимера в почве, мг/кг	Общее количество червей, шт.	Погибло червей, шт.		Смертность, %
		через 7 дней	через 14 дней	
0	40	0	0	0
10,0	40	0	0	0
50,0	40	0	0	0
100,0	40	0	0	0
200,0	40	0	0	0
300,0	40	0	0	0
500,0	40	0	0	0
1000,0	40	1	2	7,5

Таблица 2 – Влияние полимера ПДМППГ на массу дождевых червей

Концентрация полимера в почве, мг/кг	Средняя живая масса дождевых червей в сосуде, г		Изменение живой массы дождевых червей за 14 дней, %
	в 1-й день	на 14-й день	
0	5,31	5,28	-0,6
10,0	5,43	5,47	+0,7
50,0	5,28	5,16	-2,3
100,0	5,19	4,92	-5,2
200,0	5,37	5,59	+4,1
300,0	5,22	5,08	-2,7
500,0	5,34	5,13	-5,8
1000,0	5,42	3,77	-30,4